

Math. U. 277 z

Instrumente und Operationen
der
niederen Vermessungskunst.

Von
R. von Rüdgisch,
königl. preuss. Hauptmann.

Mit 170 Figuren.

Erste Abtheilung.



Cassel, 1875.

Verlag von Theodor Kay,
Königl. Hof-Kunst- und Buchhändler.

Instrumente und Operationen
der
niederen Vermessungskunst.

Von
R. von Rüdgersch,
königl. preuss. Hauptmann.

Mit 170 Figuren.

Erste Abtheilung.



Cassel, 1875.

Verlag von Theodor Kay,
Königl. Hof-Kunst- und Buchhändler.



Vorwort.

Das vorliegende Buch sollte ursprünglich nur eine zweite Auflage eines vor einigen Jahren für meine Schüler geschriebenen nicht veröffentlichten Schriftchens »Instrumentenkunde« werden. Das Bestreben, diese Auflage, welche für die Oeffentlichkeit bestimmt war, einigermaßen vollständig und als ein Ganzes erscheinen zu lassen, verlieh nach und nach dieser Schrift ihre augenblickliche Fassung.

Das Buch macht aber auch jetzt nicht den Anspruch, ein völlig umfassendes Lehrbuch der Vermessungskunst zu sein: es soll nur die Grundzüge derselben geben und sich nicht viel über die Lehre vom Elementargebrauch der Instrumente erheben. —

Der Geometer, der Topograph muss, um Gutes zu leisten, das Instrument vor Allem genau kennen, welches ihm die Daten für seine weiteren Ausführungen verschafft. Die Kenntniss einerseits der Mängel, andererseits der Vollkommenheit und Correcturfähigkeit des Instruments, mit dem er arbeitet, wird ihn befähigen, sich unabhängig von demselben zu erhalten. Er wird durch seine Methode bei der Arbeit selbst ausgleichend, fördernd eintreten und sich davor hüten, wie es oft vorkommt, die Fehler der Arbeit auf die des Instruments allein zu schieben und die Anforderungen an dasselbe zu übertreiben. Er muss die Elemente der Mathematik, der Physik

und der technischen Mechanik einigermaßen beherrschen, welche die Grundlage für die Construction, die Eigenschaften und die Behandlung der Instrumente bilden.

Nach diesen Principien hat der Verfasser die Instrumentenkunde zu behandeln versucht.

Demnächst ist der Verfasser bemüht gewesen, die Elementaraufgaben der Vermessungslehre zu behandeln, welche mit den vorliegenden Instrumenten ausgeführt werden können. Er hat indessen — fern davon, in ein alle Möglichkeiten und Unmöglichkeiten bedenkendes Detail einzugehen — nur die erfahrungsmässig für die Praxis wissenswerthen Fälle und Methoden darzulegen getrachtet.

Die Verwendung der Elementaraufgaben zu den complicirteren praktischen Vermessungsaufgaben im Terrain dagegen ist ein Feld, welches sich besser durch die Praxis als durch Lehrbücher lernt. Es sind daher z. B. in dem Capitel über das topographische Aufnehmen die Methoden zur Aufnahme bestimmter Terrainerscheinungen, z. B. Dorf, Wald, Fluss, nicht, wie sonst wohl üblich, betrachtet, weil solche Erklärungen schliesslich doch nicht Recepte für alle Fälle geben können. Es muss, wo Aufnehmen und Vermessen gelehrt wird, dem applicatorischen Mittheilungsvermögen des Lehrers Spielraum gelassen bleiben, und derjenige, welcher durch Selbstunterricht aus Büchern einen Wald aufnehmen lernen wollte, würde fehl greifen. Ausgestattet mit dem Material der Elementaraufgaben trete man mit seinem Instrument unmittelbar in das ewig wechselnde Terrain, so wird man lernen.

Wenn in der Instrumentensammlung dieser Schrift noch eine Anzahl von veralteten Instrumenten figuriren, so möge dies als eine Concession an die »alte gute« Zeit der Vermessungskunst betrachtet werden, — deren Erzeugnisse noch heute in manchem Institute wohl weniger aus zarter Pietät für die Unvollkommen-

heit der Altvorderen, als aus Sparsamkeitsrücksichten gehegt und bewahrt werden, — damit der Schüler — und für diesen ist dies Buch doch wesentlich geschrieben — auch diese alten Bekannten als historische Grössen noch einmal betrachten kann, indessen hoffentlich nur um ihnen einen Scheideblick zu senden. Dahin gehören die Canalwage, die Niveaudiopter, die Dresdener Messtische.

Die Hinweisung auf die Arbeiten der höheren Vermessungskunst zur Herstellung einer Landeskarte und zur Gradmessung glaubte der Verfasser nicht dem Leserpublikum vorenthalten zu dürfen, da sie dem Schüler erst eine Vorstellung von der wahren Tragweite und Bedeutung geben, welche die Geodäsie für unsere Tage angenommen hat. Sie sind daher im Anhange beigelegt.

Nur die überaus gütige Unterweisung, welche dem Verfasser seit 1867 während seines Aufenthalts in Cassel durch die Herren Georg Breithaupt und Söhne zu Theil wurde, hat denselben ermuthigen können, das Gebiet der Vermessungskunst näher zu betreten. Den Herren Breithaupt sage ich hierdurch öffentlich meinen aufrichtigen Dank auch für die thatkräftige Unterstützung bei Förderung dieser Schrift. Eine wesentliche Hülfe leisteten sie unter Anderem dem Verfasser durch eine Anzahl von Figuren aus dem »Magazin von Breithauptschen Instrumenten« durch Angabe neuer technischer Mittel und durch Mittheilung kostbaren Materials, betreffend die praktischen Griffe für die Prüfung einzelner Instrumente. Die Nivellir-Instrumente betreffend, so diente als Quelle ausser dem Werke von Bauernfeind namentlich der vom Prof. Dr. Börsch redigirte Text des V. Hefts des Breithauptschen Magazins.

Im Uebrigen sind als Quellen zu nennen: das classische Werk von Bauernfeind über die Elemente der Vermes-

sungskunst, sowie die Werke von Hunaeus, Schneitler, Salneuve, Heussi, Baeyer (Gradmessung betreffend), Eisenlohr (Physik), A. v. Sydow, E. v. Sydow, Lehmann, v. Plehwe, v. Wedell, v. Böhn und die Ausführung der genet. Skizze für Terrainlehre etc. (Potsdam), die Instructionen für die topographische Abtheilung des königl. preuss. Generalstabes, ferner an Zeitschriften: die Behmschen geographischen Jahrbücher, die Petermannschen Mittheilungen, das »Ausland«, das Brockhaussche Conversationslexikon u. a.

Metz, November 1873.

von Rüdgisch.

Inhalt.

I. Abschnitt.

Einleitendes.

	Seite
Erstes Kapitel. Zweck der Vermessungskunst. — Geodätische Vorbegriffe	1
Zweites Kapitel. Eintheilung der Vermessungskunst.	4
Drittes Kapitel. Die zu messenden Grössen. — Masse.	5
Viertes Kapitel. Normalmassstäbe und Genauigkeit	11

II. Abschnitt.

Mechanische Elemente.

Vorbetrachtung	14
Erstes Kapitel. Grobe Bewegung	15
Zweites Kapitel. Klemmvorrichtungen für die Dauer	18
Drittes Kapitel. Augenblickliche Klemmung	21
Viertes Kapitel. Feine Bewegung	24
Fünftes Kapitel. Vorrichtungen an Messinstrumenten zum Ermitteln sehr kleiner Längen und Winkel (Bogen)	31
Sechstes Kapitel. Optische Elemente	37
Siebentes Kapitel. Visirvorrichtungen	40
Achtes Kapitel. Mittel zur Darstellung des Horizonts	53
Neuntes Kapitel. Stative Fussgestelle	58
Zehntes Kapitel. Grundsätze für die Art der Zusammensetzung der Theile zu einem Ganzen	67

III. Abschnitt.

Motive der Vermessungskunst und Eintheilung der Instrumente.

Erstes Kapitel. Allgemeine Motive für die Vermessungskunst und Fol- gerungen	69
Zweites Kapitel. Das Wesen der topographischen Vermessungskunst . .	80
Drittes Kapitel. Eintheilung der Instrumente	84

IV. Abschnitt.

Signalinstrumente.

Vorbemerkung	87
Erstes Kapitel. Instrumente zur Bezeichnung von Punkten auf längere Dauer	88

	Seite
Zweites Kapitel. Instrumente zur vorübergehenden Bezeichnung (Abstecken) von Punkten und Richtungen auf dem Felde	90
Drittes Kapitel. Gebrauch der Fluchtstäbe zur Vermessung	92
Anhang: Spiegelsignale, Heliotropen	96

V. Abschnitt.

Längenmesser.

Einleitung	100
Erstes Kapitel. Instrumente zum Messen auf der Terrainlinie	100
Zweites Kapitel. Instrumente zur Distanzmessung in der Luftlinie	107
Drittes Kapitel. Gebrauch der Längenmesser für Vermessung. Vermessung von Linien, Winkeln und Flächenräumen mittelst der Längenmesser	113

VI. Abschnitt.

Nivellirinstrumente.

Einleitung	119
Erstes Kapitel. Nivellirinstrumente ohne Fernrohr	120
Zweites Kapitel. Nivellirfernrohre.	125
Drittes Kapitel. Die Nivellirlatten.	135
Viertes Kapitel. Gebrauch der Nivellirinstrumente zu den Elementaroperationen des Nivellirens	139
Fünftes Kapitel. Geometrisches Nivelliren im Zusammenhange	148
Sechstes Kapitel. Prüfung der Nivellirfernrohre.	155

VII. Abschnitt.

Bussoleninstrumente.

Erstes Kapitel. Eigenschaften der Magnetnadel. — Constructionsprincip der Bussolen. — Der Feldmessercompass	162
Zweites Kapitel. Elementargebrauch, Anforderungen, Prüfung. Gebrauch der Bussolen im Allgemeinen.	169
Drittes Kapitel. Anderweite Constructionen	177
Viertes Kapitel. Vermessungsarbeiten mit der Bussole	180

VIII. Abschnitt.

Spiegelinstrumente.

Erstes Kapitel. Katoptrische Elemente.	183
Zweites Kapitel. Der (20 Cm.) Spiegelsextant.	191
Drittes Kapitel. Modificationen der Sextanten zur unmittelbaren graphischen Auftragung der Winkel	202
Viertes Kapitel. Instrumente mit feststehenden Spiegeln als unvollkommene Winkelmessung	206
Fünftes Kapitel. Prismeninstrumente	209
Sechstes Kapitel. Gebrauch der Spiegelinstrumente zur Vermessung.	220

I. Abschnitt.

Einleitendes.

Erstes Kapitel.

Zweck der Vermessungskunst — Geodätische Vorbegriffe.

§ 1. Die Vermessungskunst oder Geodäsie hat den Zweck die räumlichen Grössen auf der Erdoberfläche zu untersuchen um ihre Lagen- und Ausdehnungsverhältnisse bestimmen und darstellen zu können. Sie ist daher eine praktische Anwendung der Raumgrössenlehre.

§ 2. Die Grundlage aller Geodäsie bildet also die gekrümmte Erdoberfläche, d. i. der geodätische Horizont. Derselbe muss als ein Sphäroid (Rotationsellipsoid um die kleine Axe) gedacht werden, dessen Radien 858 bis 860 Meilen betragen. Denkt man sich die Erdoberfläche als eine in völliger Ruhe befindliche erstarrte Wasserfläche, auf welche die Berge etc. aufgesetzt wären in dem Grössenverhältniss etwa wie Sandkörner auf einer Kugelkugel, so kann man sich also vorstellen, dass auch jedes kleine Stück der Erdoberfläche, als ein Stück der geodätischen Horizontfläche, eine nach allen Seiten gekrümmte Fläche bildet. Im gewöhnlichen Leben täuschen wir uns durch die verhältnissmässige Grösse der Erde und nehmen selbst die grossen Wasserflächen, die wir überschauen, als Ebenen an. Eine mathematische Ebene aber, welche auf der

Erde in unserm Standpunkt an die Erde gelegt wäre, würde in der That auf jede weitere Entfernung von unserem Standpunkte den geodätischen Erdhorizont verlassen: also steigen. Indessen ist die Abweichung solcher Ebene — die wir die Horizontalebene (scheinbaren Horizont) für unsern Standpunkt nennen — von dem wahren geodätischen Horizont so gering, dass für gewöhnliche Verhältnisse d. h. für die Beobachtungen innerhalb kleinerer Erdfächen, von z. B. 1000 M. im Quadrat, die Horizontalebene für die Horizontalfläche genommen werden kann. Die Erdkrümmung ist erst von 1000 M. ab eine merklich werdende Grösse (etwa $\frac{1}{3}$ Meter).

§ 3. Eine Linie in der Horizontalebene heisst eine scheinbare Horizontallinie, eine Linie im geodätischen Horizont heisst eine wahre Horizontallinie, die auf dem geodätischen Horizont gezogene kürzeste Verbindungslinie zweier Punkte desselben heisst geodätische Linie und ist eine Kurve doppelter Krümmung. Die den geodätischen Horizont unter rechten Winkeln von aussen her gegen den Erdmittelpunkt schneidenden Linien heissen Lothe, Vertikallinien. Man kann sich durch jeden Punkt einer Vertikallinie einen geodätischen Horizont gelegt denken, welcher dann ein der ruhigen Wasserfläche völlig paralleles concentrisches Sphäroid bildet. Den scheinbaren Horizont des Standpunktes schneidet nur ein einziges Loth, das des Standpunktes, unter einem rechten Winkel; alle übrigen Lothe schneiden ihn schief. Die den Horizont rechtwinklig durchschneidende Ebene heisst: Vertikalebene.

Die einzige Eigenschaft eines Punktes im Raume ist die Lage.

§ 4. Die Lage jedes Punktes auf der Erdoberfläche oder ausserhalb derselben ist nach drei Dimensionen bestimmbar: geographische Breite, geographische Länge, absolute Höhe. Die beiden ersten Dimensionen werden horizontale Dimensionen genannt. Sie werden mit Hülfe des Meridian- und Parallelkreisnetzes auf den geodätischen Horizont des Punktes nach Graden, Minuten, Secunden ermittelt, wie dies in der mathematischen Geographie gelehrt

wird. Für die absolute Höhe eines Punktes gilt als Ausgangsfläche der geodätische Horizont eines Punktes der Meeresfläche (für die verschiedenen Länder verschieden gewählt). Punkte zwischen dem Meereshorizont (Niveaufläche des Meeres) und dem Erdmittelpunkt heissen absolut tief, Punkte die, vom Erdmittelpunkt gerechnet, jenseits der Niveaufläche des Meeres liegen, sind absolut hoch. Das Mass der absoluten Tiefe und Höhe wird uns gegeben durch die Länge des Loths von dem gedachten Punkt auf den Meereshorizont. Jede Höhe, die sich nicht auf die Meeresfläche zurückführt, heisst relative Höhe.

§ 5. Die **Eigenschaften einer graden begrenzten Linie** sind: Richtung und Länge, welche auf das genaueste schon durch die örtliche Lage ihrer Endpunkte gegeben werden. Bei der Ermittlung der Richtung allein haben wir ihre Weltrichtung und ihre Böschung zu unterscheiden: die Weltrichtung ergiebt sich durch den Winkel, den die Linie, auf den Horizont eines ihrer Punkte hinabgedrückt, mit dem Meridian dieses Punktes bildet. Die Windrose ergiebt dann das Mass der Weltrichtung, welches auch nach Graden dieses Winkels (Azimuth) bestimmt werden kann. Die Böschung ist der Winkel, welchen die Linie mit der scheinbaren Horizontallinie eines ihrer Punkte in der beiden gemeinschaftlichen Vertikalebene bildet. Der Winkel, welchen die Linie mit dem Lothe eines ihrer Punkte bildet, heisst gewöhnlich Zenithdistance, (weil das verlängerte Loth doch oben im Zenith, unten im Nadir des Standpunktes endet).

Eine gebrochene oder gekrümmte Linie auf der Erde wird meist als aus mehreren graden zusammengesetzt gedacht.

§ 6. Die **Eigenschaften einer Ebene** erhalten wir, wie die Geometrie lehrt, aus der Richtung (Winkeln) und Länge ihrer Linien. Gekrümmte Flächen werden meist als aus vielen Ebenen zusammengesetzt betrachtet.

Zweites Kapitel.

Eintheilung der Vermessungskunst.

§ 7. Die **Vermessungskunst theilt sich** in die höhere und niedere Geodäsie.

Die **höhere Geodäsie** nimmt die Erdstrecken nicht als eben an, sondern berücksichtigt ihre sphäroidale Krümmung auf das genaueste; sie hat daher das Mass dieser Krümmung zu ergründen, auf den Resultaten dieser Untersuchung dann die Räume der Erdoberfläche im Grossen genau bezüglich ihrer Dimensionen in jeder Richtung festzustellen, und muss bei ihren Arbeiten alle irgend berechenbaren Umstände, die von Einfluss auf die absolute Richtigkeit der Resultate sein könnten, beobachten und in Rechnung ziehen.

Die Arbeiten der höheren Geodäsie sind heutzutage:

1. Die europäische Gradmessung. Dieselbe hat die Grösse der Erde und die Gestalt des wahren geodätischen Horizontes zu ergründen und beschäftigt zu diesem Zweck die bedeutendsten Mathematiker Europa's.

Das Bureau derselben, geodätisches Institut zu Berlin, ist die höchste massgebende internationale Behörde für alle Gegenstände der Geodäsie.

2. Die Landestriangulationen. Diese haben für die einzelnen Länder die örtliche Bestimmung einer grossen Anzahl von Punkten der Erdoberfläche so genau zu bewerkstelligen, dass die Resultate möglichst für alle Zeiten als Grundlage zu späteren detaillirten Untersuchungen und Beobachtungen dienen können.

§ 8. Die **niedere Geodäsie** nimmt den geodätischen Horizont in der Regel als Ebene an und corrigirt den dadurch auf weitere Strecken entstehenden geringen Fehler durch einfache Addition oder Subtraction der aus den Resultaten der höheren Geodäsie entlehnten Grössen. Die Beobachtung der Instrumente und ihrer Eigenschaften während der Arbeit beschränkt sich nur auf die bedeutenderen Fehlerquellen.

§ 9. Die Arbeiten der niederen Vermessungskunst dienen

einer grossen Anzahl von speciellen Zwecken: Zur Herstellung von Karten und Plänen für militairische (militairisches Aufnehmen) und bürgerliche, für bauliche, fortificatorische Zwecke, für Grundsteuerzwecke und zur Sicherung des Eigenthums, also in juristischer und staatsökonomischer Hinsicht (Katastervermessungen, Feldmesskunst) für bergmännische (Markscheidekunst), nautische Sachen u. A.

§ 10. Eine Vermessung, durch welche die Verhältnisse der Raumgrössen auf der Erdoberfläche in Zahlen ausgedrückt werden, heisst eine geometrische; eine solche, durch welche die Raumgrössen sichtbar in einem gleichen oder ähnlichen Bilde wiedergegeben werden, heisst eine graphische. Jede erfordert die ihr entsprechende Construction der Instrumente. Hat die Vermessung den bestimmten Zweck, eine in den Dimensionen der Erdräume genau abmessbare ähnliche bildliche Darstellung, Plan, Karte, des Terrains zu geben, so nennen wir sie topographische Vermessung.

Drittes Kapitel.

Die zu messenden Grössen — Masse.

§ 11. Die von uns zu messenden Raumgrössen auf der Erdoberfläche sind: Längen und Höhen, Horizontalwinkel, schiefe und Vertikalwinkel. Die Ermittlung dieser Grössen bildet die geometrische wie trigonometrische Grundlage für die Erkenntniss der aus ihnen gebildeten Raumgrössen, Flächen, Körper. Ein Horizontalwinkel ist ein solcher, dessen Schenkel in ein und derselben Horizontalebene, ein Vertikalwinkel ein solcher, dessen Schenkel in ein und derselben Vertikalebene liegen. Liegt die Ebene des Winkels weder horizontal noch vertikal, so entsteht der natürliche schiefe Winkel.

§ 12. Je nachdem eine dieser Grössen oder mehrere derselben mittelst ein und desselben Instruments ermittelt werden sollen, ergiebt sich auch das Constructionsprincip des Instruments. Je nach dem zu erreichenden Grade von Genauigkeit für die Resultate, muss das Instrument mehr oder weniger ge-

nau, controllfähig und complicirt eingerichtet sein. Bei der höheren Geodäsie erfordert man Genauigkeiten bis zu $\frac{1}{100000}$, d. h. auf 100000 Theile darf man sich um 1 Theil irren. In der niederen Vermessungskunst ist man mit kleineren Genauigkeitsnennern zufrieden. Z. B. bei der topographischen Vermessung wäre 1:1000 schon eine bedeutende Genauigkeit.

§ 13. Die Grösse, welche zum Vergleich der zu messenden Grösse als Normaleinheit angewendet wird, ist die Masseinheit und wird gewöhnlich kurzweg das Mass genannt. Hiernach haben wir an Raummassen: Längen- und Winkelmasse, Flächen-, Körpermasse.

§ 14. **Die Winkel** werden in der ganzen civilisirten Welt gleichmässig nach Graden als Masseinheit gemessen. Der Grad = $\frac{1}{360}$ der Drehung eines Radius im Kreise um den Mittelpunkt ist in 60 Minuten à 60 Secunden getheilt. In Frankreich wird der Kreis vielfach in vier Quadranten zu 100 Graden à 100 Minuten à 100 Secunden getheilt (Centesimalgrade).

§ 15. Für die Vermessungskunst haben von den Raummassen die grösste Bedeutung **die Längenmasse**, weil aus den Längen und Winkeln, die gemessen sind, Flächeninhalt etc. sich geometrisch ergibt.

§ 16. Obwohl es sehr wünschenswerth wäre, wenn in allen Ländern dieselbe Masseinheit für Längenbestimmungen gebraucht würde, so haben bis jetzt doch erst in den letzten Jahren ein grösserer Theil der Staaten Europa's sich zur Annahme einer gemeinschaftlichen Längenmasseinheit, des Meters, vereinigt, welches denn auch als Höhenmass dient. Im Uebrigen hat sich aber auch selbst in allen kleineren Landestheilen nach und nach gewohnheitsmässig irgend eine Masseinheit eingebürgert, so dass immerhin eine riesige Anzahl von gebräuchlichen Massen existirt*).

§ 17. Das Metermass, 1791 in Frankreich aus dem bis jetzt noch unerreichten Wunsche entstanden, ein sogenanntes Naturmass zu haben, welches unveränderlich für

*) Das Metermass ist jetzt eingeführt in: Deutschland (seit 1872), Niederlande (1816), Belgien (1832), Frankreich (1791), Spanien (1855), Por-

alle Zeiten richtig bliebe und mit Leichtigkeit zu berechnen und herzustellen sei, beruht ursprünglich auf den Erdmessungsarbeiten (Gradmessungen), welche Ende des 18. Jahrhunderts in Peru, Lappland, Frankreich und Spanien stattgefunden haben. Die damals ermittelte Grösse eines Meridianbogens vom Aequator zum Pol durch 10 Millionen getheilt, giebt die Grösse des Meter. Ein Stab, nach diesem Grundsatz genau abgetheilt, dient als Urmassstab für das Metermass. Nach neueren Messungen ist dieses Meter aber nicht $\frac{1}{10000000}$ des Meridianquadranten, sondern etwas kleiner. Man bezieht sich heute aber noch auf den damals angefertigten Urmassstab, so dass das in der Praxis gebräuchliche Metermass also durchaus kein Naturmass ist, sondern mit dem Urmassstabe verloren gehen kann.

Es ist ein Meter M. (Stab) getheilt in: 10 Dm. (Decimeter),
 100 Cm. (Centimeter,
 (Neuzoll),
 1000 Mm. (Millimeter,
 Strich).

Es sind 10 M. = 1 Dekameter (Kette), 80 Cm. = 1 preuss. Militairschritt, 1000 M. = 1 Kilometer.

Fernere Masse.

§ 18. Das alte preussische Mass (vor 1872), auf welches jetzt noch vielfach zurückgegangen wird, ist das rheinländische.

12' rhld. Fuss waren = 1⁰ Ruthe, beim Feldmessen = 10' dec.; 1' rhld. = 12" Zoll = 144''' Linien, 1' dec. = 10" = 100'''; 2000⁰ = 1 preuss. Meile = 10000 geometrische Schritt.

Dies wurde durch ein Gesetz von 1816 derart festgestellt, dass der preuss. rheinländische Fuss = 139,13 Pariser Linien sein sollte. (Die Pariser Linie ist = $\frac{1}{12}$ Pariser Fuss, sechs Pariser Fuss = 1 Toise du Pérou, 1 Toise du Pérou = 1,949036

tugal (1860), Italien (1860), Griechenland (1836) und annähernd dasselbe Mass in der Schweiz, wo 1 Schweizer Fuss = $\frac{1}{3}$ Meter.

Meter). Als Normalmassstab diente seit 1839 ein Stab von Gusseisen (étalon à bouts) mit Endflächen von Saphir, mit der Aufschrift: »Urmaass der preussischen Längeneinheit 1837. Dieser Stab, in der Wärme von $16^{\circ},25$ des hunderttheiligen Thermometers in seiner Axe gemessen, ist 0,00063 Linien kürzer, als drei Fusse.«

§ 19. In Hannover galt das englische Mass, insofern 23 engl. Fuss = 24 hann. Fuss, gesetzlich waren.

In Sachsen hatte man für Feldmessen und Strassenbau besondere Masse: 1 Feldmesser-Ruthe = 182" war in 10' oder 100" getheilt.

Die Vermessungsmasse in den übrigen Staaten waren auf den Zoll oder das diesem entsprechende Mass reducirt:

Bayern . . .	: 1 Feldzoll	= $\frac{1}{10}'$ = $\frac{1}{100}$ Feldruthe	= 4,295 Cm.
Württemberg . .	: 1 Zoll	= $\frac{1}{10}'$ = $\frac{1}{100}$ Ruthe	= 2,864 „
Baden . . .	: 1 Zoll	= $\frac{1}{10}'$ = $\frac{1}{100}$ Ruthe	= 3,000 „
Darmstadt . .	: 1 Zoll	= $\frac{1}{10}'$ = $\frac{1}{100}$ Klafter	= 2,500 „
Kassel . . .	: 1 Zoll	= $\frac{1}{10}'$ = $\frac{1}{100}$ Katasterruthe	= 3,9886 „
Hannover . .	: 1 Zoll	= $\frac{1}{10}'$ = $\frac{1}{100}$ Ruthe	= 4,6735 „
Braunschweig .	: 1 Zoll	= $\frac{1}{12}'$ = $\frac{1}{144}$ Ruthe	= 4,5657 „
Oldenburg . .	: 1 Zoll	= $\frac{1}{10}'$ = $\frac{1}{100}$ Katastralruthe	= 2,9587 „
Schleswig-Holstein: rheinl. Mass bei Vermessungen.			
Oesterreich . .	: 1 Feldzoll	= $\frac{1}{12}'$ = $\frac{1}{72}$ Klafter	= 2,6342 „
Niederlande . .	: Meter		
Belgien . . .	: Meter		
Frankreich . .	: 1 Par. Zoll altes Mass	= $\frac{1}{12}$ pied de Roy = $\frac{1}{72}$ toise de Pérou	= 2,7699 Cm.
Schweiz . . .	: 1 schw. Zoll	= $\frac{1}{10}'$ = $\frac{1}{100}$ Ruthe	= 3,000 „
Russland . . .	: 1 Zoll	= $\frac{1}{12}'$ = $\frac{1}{84}$ Saschehn	= 2,5399 „
Schweden . . .	: 1 Tum	= $\frac{1}{10}'$ = $\frac{1}{100}$ Stang	= 2,969 „
Norwegen . . .	: 1 Tom	= $\frac{1}{12}'$ = $\frac{1}{72}$ Favn	= 2,6154 „
Dänemark . . .	: 1 Tom	= $\frac{1}{12}'$ = $\frac{1}{72}$ Favn	= 2,6154 „
England . . .	: 1 inch	= $\frac{1}{36}$ Yard *) = $\frac{1}{72}$ Fathom	= 2,5399 „
Spanien . . .	: 1 Pulgada	= $\frac{1}{36}$ Vara = $\frac{1}{72}$ Braza	= 2,322 „
Portugal . . .	: 1 Pollegada	= $\frac{1}{8}$ Palmo = $\frac{1}{80}$ Braça	= 2,75 „
Italien (hatte früher 215 verschiedene beim Feldmessen übliche Masse), jetzt Meter seit 1860.			

*) Ein Yard ist = dem Arm Heinrichs I. von England nach dessen Verordnung.

Lomb. - Venet. :	1 Once	= $\frac{1}{12}$ ' = $\frac{1}{72}$	Pertica	= 2,8979 Cm.
Mailand . . :	1 Pollia	= $\frac{1}{12}$ ' = $\frac{1}{72}$	Trabucco	= 3,6265 "
Turin . . . :	1 Once	= $\frac{1}{12}$ ' = $\frac{1}{72}$	Trabucco	= 4,2814 "
Toscana . . :	1 Soldo	= $\frac{1}{8}$ ' = $\frac{1}{80}$	Canna	= 2,61825 "
Neapel . . . :	1 Decimo	= $\frac{1}{10}$ ' = $\frac{1}{100}$	Canna	= 2,65 "
Sicilien . . :	1 Once	= $\frac{1}{12}$ ' = $\frac{1}{96}$	Canna	= 2,151 "
Türkei . . . :	1 Zoll	= $\frac{1}{21}$	Halebi	= 3,157 Cm.
Wallachei . . :	1 Degito	= $\frac{1}{200}$	Stingene	= 0,982 "
Serbien . . . :	Wiener Mass.			
Moldau . . . :	1 Degito	= $\frac{1}{64}$	Stingene	= 3,4574 "
Griechenland . :	Metermass (Piki)			= 1 Meter.

Fig. 1.

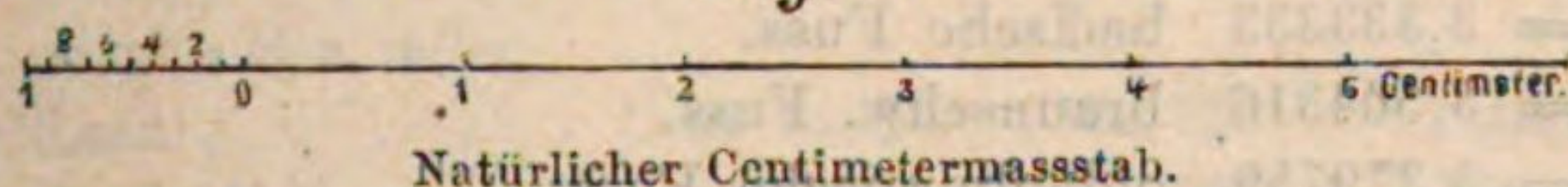
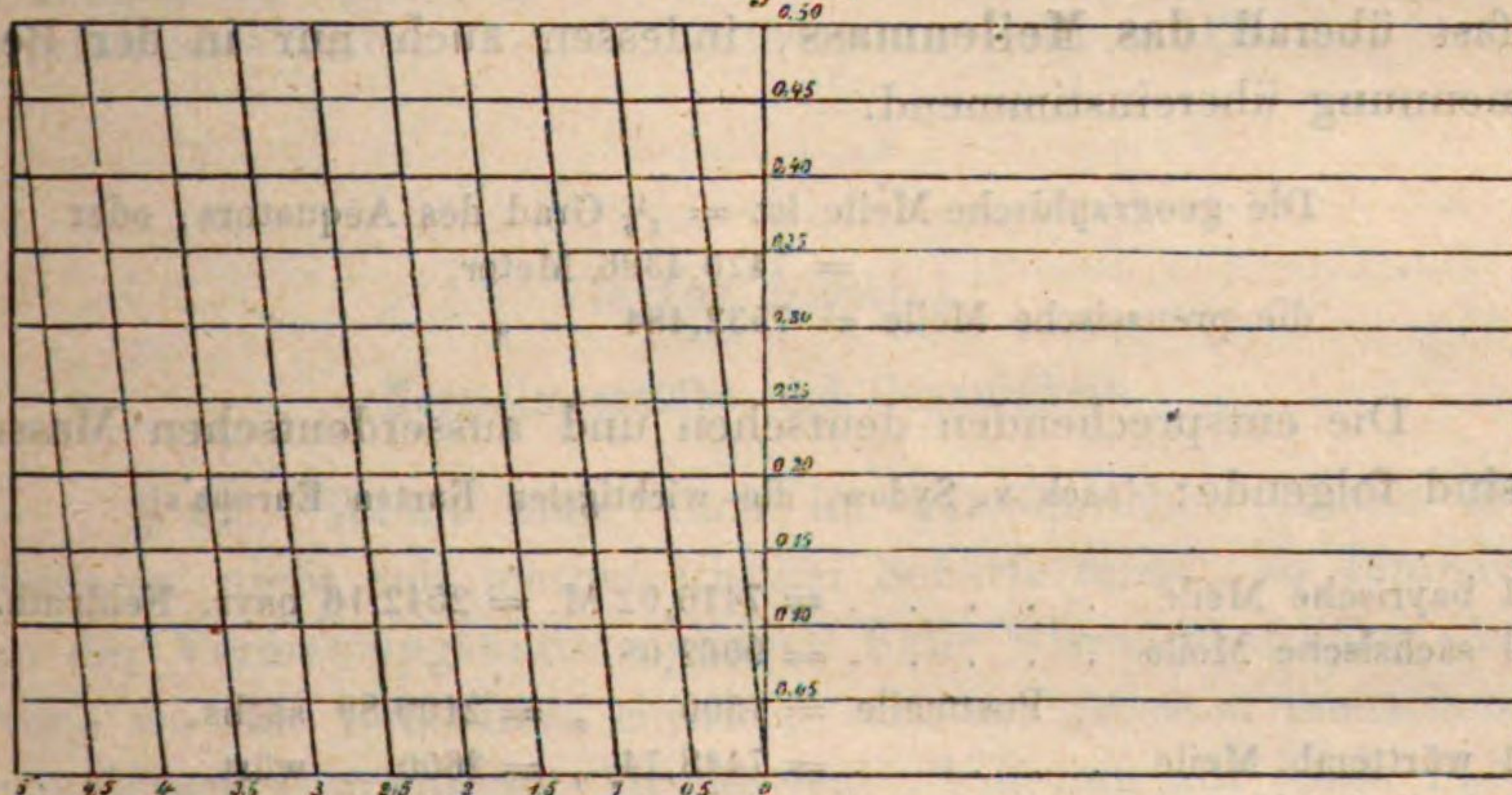


Fig. 2.



§ 20. Das Verhältniss des Meters zu den üblichen, dem Fuss etwa entsprechenden Massen der verschiedenen Länder ergiebt sich (nach Debes, Behm, geogr. Jahrbuch) aus folgender Betrachtung genau:

- 1 M. = 0,5130741 Toisen (à 6 Pariser Fuss). Hauptmasseinheit für höhere geodät. Zwecke.
- " = 3,078444 Pariser Fuss.
- " = 3,280899 englische oder russische Fuss.
- " = 3,280709 amerikanische Fuss.

1 M.	= 3,368126	schwedische Fuss.
"	= 3,187116	norwegische Fuss.
"	= 3,186200	preussische, rheinländische oder dänische Fuss.
"	= 2,655167	preussische Decimalfuss, oder Zehntelruthen rheinländisch.
"	= 3,1637488	Wiener Fuss (= $\frac{1}{6}$ Klafter).
"	= 1,196308	spanische Vara.
"	= 3,588925	spanische Fuss.
"	= 3,030303	portugiesische Pès (Fuss).
"	= 3,426310	bayrische Fuss
"	= 3,4235470	hannov. Fuss
"	= 3,531197	sächs. Fuss
"	= 3,490519	württemb. Fuss
"	= 3,333333	badische Fuss.
"	= 3,504316	braunschw. Fuss.
"	= 3,379759	oldenburgische Fuss.

bürgerliches Mass.

§ 21. Für die grösseren Entfernungen auf der Erde gilt fast überall das **Meilenmass**, indessen auch nur in der Benennung übereinstimmend.

Die geographische Meile ist = $\frac{1}{15}$ Grad des Aequators, oder
= 7420,4396 Meter,
die preussische Meile = 7532,484 "

Die entsprechenden deutschen und ausserdeutschen Masse sind folgende: (nach v. Sydow, die wichtigsten Karten Europa's)

1 bayrische Meile		= 7416,02 M.	= 2542,16 bayr. Feldruth.
1 sächsische Meile		= 9062,08,	
	Postmeile	= 7500	" = 2109,89 sächs. "
1 württemb. Meile		= 7448,74	" = 2600 würt. "
1 badische Meile		= 8888,88	
	(nach Debes	8904,526	" = 2963 bad. "
1 hess.-darmst. Meile		= 7500	" = 3000 Klafter.
1 Kasseler Meile		= 7420	" = 1857,7 Katasterruthen.
1 hannov. Meile		= 7419,2	" = 1587,5 hann. Ruthen.
1 braunschw. Meile		= 7419,4	" = 1625 brschw. Ruthen.
1 oldenburgische Meile		= 9893,9	"
1 Hamburger Meile		= 7532	"
1 holsteinsche Meile		= 8803	"
1 österreichische Postmeile		= 7586	" = 4000 Wiener Klafter.
1 niederländ. Mijl		= 1000	"
1 belgische lieue de poste		= 3793	"
1 französische lieue ancienne de			
	poste	. . . = 3793	" = 2000 Toises.

1 schweizer Wegstunde	= 4800 Met.	= 1600	schw. Ruthen.
1 russischer Werst	= 1066	„ = 500	Saschehn.
1 schwedische Meile	= 10688	„ = 3600	Stang.
1 norweg. Meile	= 11298,7	„ = 6000	Favn.
1 dänische Meile	= 7532	„ = 4000	Favn.
1 british statute mile	= 1609,3	„ = 880	Fathom.
1 spanische Legua nueva	= 6687	„ = 4000	Braza.
1 portugies. Legua nova	= 5000	„	
1 miglio veneto (Venedig)	= 1738	„ = 833,3	Pertice.
1 miglio lombardo (Mailand)	= 1784	„ = 684	Trabucci lomb.
1 miglio piemont. (Turin)	= 2466	„ = 800	„ piem.
1 miglia toscana	= 1653	„ = 708,3	Canne.
1 miglia italiana	= 1855	„ = $\frac{1}{60}$	Aequ.-Grad = 1 bri-
tische Sea mile.			
1 miglia siciliana	= 1486	„ = 720	Canne sic.
1 türkische Agatsch	= 5334	„ = 7039,7	Halebi.
1 wallachische Meile	= 7856	„ = 4000	Stingenen.
1 moldauischer Agatsch	= 5334	„ = 2410,6	mold. Sting.
1 griechisches Stadion	= 1000	„ = 1000	Piki.

Viertes Kapitel.

Normalmassstäbe und Genauigkeit.

§ 22. Wenn man auch im gewöhnlichen Leben die Grössen nicht mit mathematischer Schärfe misst, so kommen in der Vermessungskunst dennoch Fälle wissenschaftlicher Art vor, wo das Bedürfniss eintritt, mit der grössten menschenmöglichen Genauigkeit zu messen. Um nun auf jeden Fall, auch für staatsökonomische Sachen, ein authentisches Mass körperlich zu besitzen, lassen die Staaten sogenannte Urmasse oder Normalmassstäbe aus Metall oder dgl. anfertigen. Es giebt aber keinen Körper, keine Materie, die ewig dieselbe Grösse beibehalten. Daher entsteht das Bedürfniss, ein Naturmass aufzufinden. Huyghens, 1673, wollte die Länge des Sekundenpendels als allgemein wissenschaftliche Masseinheit. Dies ist aber selbst nicht überall gleich. Es wurden und werden noch manche Vorschläge gemacht, die aber in der Praxis bis jetzt noch nicht recht ausführbar erschienen. Das Metermass, wie es heute existirt [wo es mit den Ermittlungen der Erdgrösse

und Abplattung doch nicht mehr übereinstimmt], beruht selbst auf einem älteren Mass, auf dem pied de Roy, der unter Ludwig dem XIII. nach dessen Fuss in Frankreich gesetzlich eingeführt wurde. Der pied de Roy wurde in 12 Zoll zu 12 Pariser Linien getheilt. Sechs pieds de Roy bilden eine Toise, d. i. das Mass, mit welchem die Meridianbögen in Lapp-land, Peru, und in Frankreich und Spanien zur Ermittlung der Erdgrösse und Erdform im 18. Jahrhundert gemessen wurde. Aus der mittelst der Toise gemessenen Länge eines Meridianbogens wird nun 1791 der Meter entwickelt. Ein Meter ist $= 443,296$ Pariser Linien. Er dürfte nach den neueren Berechnungen, von Bessel namentlich, nur $= 443,295936$ Pariser Linien sein, wenn er wirklich $= \frac{1}{10000000}$ des Meridianquadranten wäre; er ist in der That $= \frac{1}{10000365}$. Vorläufig halten wir nun an der alten (falschen) Metergrösse fest.

§ 23. Ebenso verhält es sich mit unserem zweiten Naturmass, der geographischen Meile, die $\frac{1}{15}$ des Aequatorgrades sein soll. Sie wächst oder schrumpft ein, je nachdem die Wissenschaft eine bedeutendere oder geringere Grösse des Aequators ermittelt hat. Nach den Wagnerschen Tabellen in Behm's geogr. Jahrbuch 1870) existiren in 10 verschiedenen Staaten auch 10 verschiedene, den Vermessungen zu Grunde gelegte »geographische Meilen«.

§ 24. Man ist also gezwungen, die Normalmassstäbe anzufertigen und sorgsam aufzubewahren, ist also dann grossentheils auf die Zuverlässigkeit unserer Mechaniker angewiesen, welche auf Glasstäben oder Metallstäben die gesetzlich eingeführte Masseinheit mit allen Mitteln der Mikrometrie (Feinmessung) einzutragen haben.

Der Normalmassstab für das rheinländische Mass in Preussen ist bereits beschrieben.

Der Urmassstab für das Metersystem befindet sich in Paris, ein Stab von Platina, der bei $\pm 0^{\circ}$ Reaumur die Länge von $443,296'''$ par. haben soll.

Der Urmassstab für das englisch-russische Masssystem ist in London, der imperial yard, bei 62° Fahrenheit zu beobachten, 1825 legalisirt.

Der Urmassstab für das Wiener Mass befindet sich (in Wien: ein Klafterstab, von Eisen mit Silbertheilung, bei 13° R. richtig.

§ 25. **Anmerkung.** Bei Einführung des Metersystems in Deutschland wurden sofort eine Anzahl von Zweimeterstäben aus hartem Stahl angefertigt (deren Länge bei ± 0 Grad getheilt wurde, respective zu beobachten ist — übrigens eine Temperatur, die im praktischen Leben schwerer herzustellen ist, als die gewöhnlich angewendete von 13° R.). — Dass beim Gebrauch selbst dieser Massstäbe zum Abgreifen aller im Lande neu anzufertigenden Masse nicht eine Genauigkeit auf die 6., 7. Decimalstelle des Metertheils möglich, ist eine Folge der durch die Wärme entstehenden Bewegung, die selbst auf die Güte der Theilung nicht ohne Einfluss gewesen ist. Es würde zu weit führen, wollten wir die verschiedenen Momente näher betrachten, welche ein aus mehr oder weniger porösen, ausdehnbaren und oxydirenden Stoffen gefertigtes Instrument zu einem vor der Schärfe der Mathematik nicht bestehenden Gebilde stempeln. Dennoch aber ist die Genauigkeit, mit welcher die heutige Mikrometrie zu arbeiten im Stande ist, ein Zeichen dafür, wie weit wir bereits die Stoffe und ihre äusseren Eigenschaften zu beherrschen wissen. Die Längentheilmachine von Breithaupt, mittelst welcher die Theilstriche auf Massstäben mechanisch aufgetragen werden, lässt — durchs Mikroskop gesehen — eine Bewegung des Gravirstiftes von 0,001 Millimeter nach rechts und links noch erkennen. Wir können also schon, im Falle der Nothwendigkeit, Messungen mit bis $\frac{1}{100}$ Millimeter Genauigkeit vornehmen mit bewaffnetem Auge; mit blossem Auge lassen sich Grössenverschiedenheiten von $\frac{1}{10}$ Millimeter nur schwer unterscheiden.

II. Abschnitt.

Mechanische Elemente.

Vorbetrachtung.

§ 26. Ehe wir die einzelnen Instrumente in ihrer Construction betrachten, wollen wir zunächst hier auf diejenigen Einrichtungen genauer eingehen, welche bei vielen der gebräuchlichen Instrumente in gleicher oder doch ähnlicher Weise vorkommen. Es wird hierdurch unnützen Wiederholungen vorgebeugt.

§ 27. Die Bewegung gewisser Theile an Instrumenten erfordert oft eine solche Genauigkeit und Subtilität, dass die Hand des Menschen nicht mehr hierzu ausreicht und man daher zu einem mechanischen Hilfsmittel, gewöhnlich der Schraube, greifen muss. Man nennt die Bewegung, Drehung, Verschiebung von Theilen der Instrumente mit der Hand die grobe, die mittelst Schraubendruck und Zug die feine.

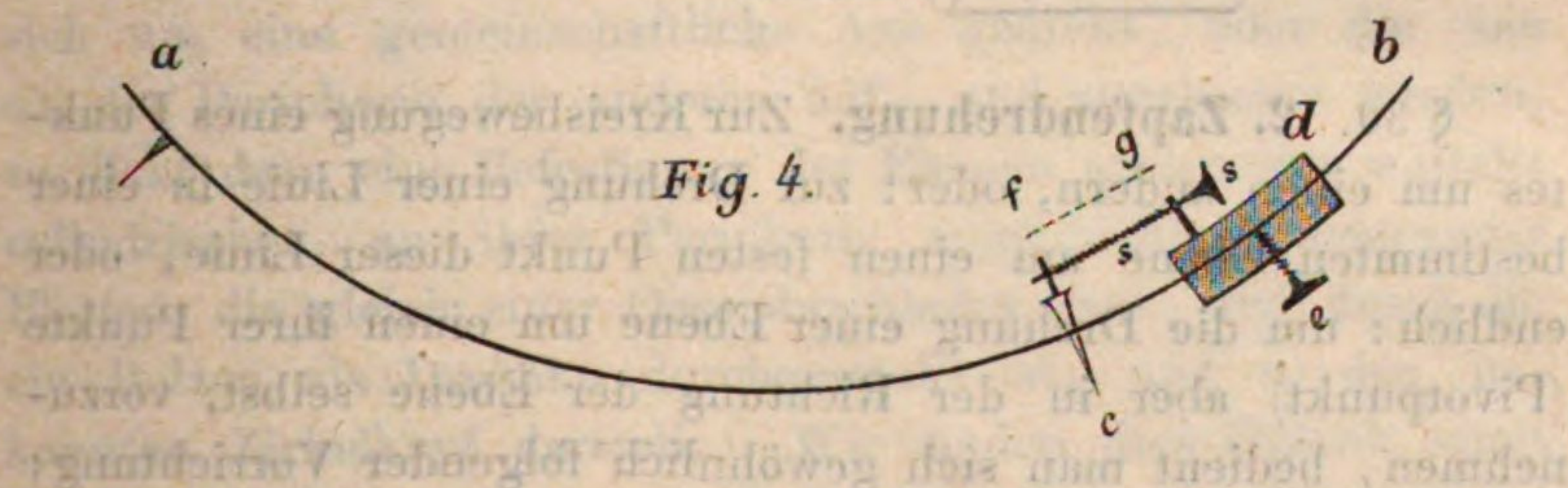
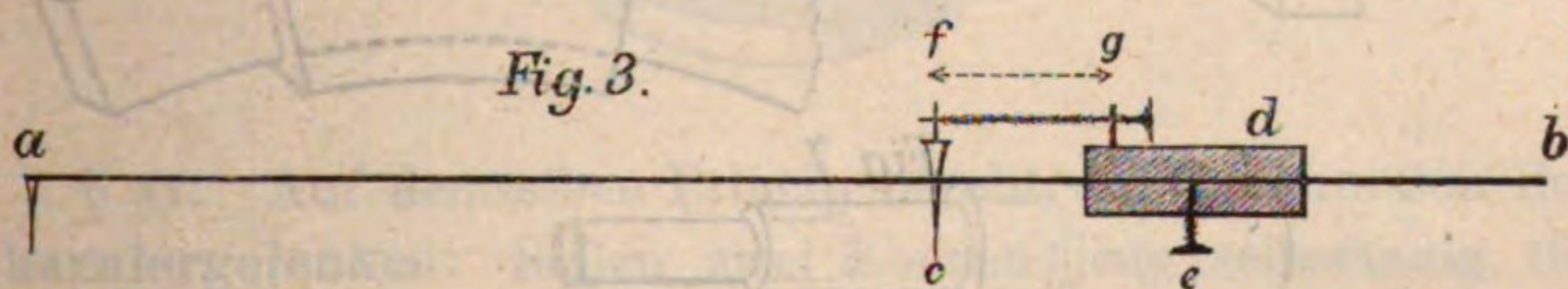
§ 28. Die feine Bewegung an unsern Instrumenten kann gewöhnlich erst bewirkt werden, wenn die Ausführung der groben Bewegung gänzlich behindert ist. Es wird daher die Einrichtung der feinen Bewegung meistens derartig sein, dass ihr Ausgangspunkt auf denjenigen Theilen sich speciell befindet, welche die Klemmung der bis dahin grob zu bewegenden Theile bewirken.

Z. B. Auf der festen Linie ab soll die Spitze c grob und fein auf und ab geschoben werden. (Fig. 3. 4.)

Hierzu ist die Spitze c an dem Theilstück d so befestigt, dass die Entfernung fg mittelst Schraube ss vergrößert oder

verkürzt werden kann. Diese Schraube ist auf dem Theilstück d angebracht, und ihre Drehung bewirkt also die feine Bewegung. Das Theilstück d und mit ihm also auch c lässt sich mittelst der Hand auf ab beliebig verschieben; hierdurch entsteht die grobe Bewegung.

Durch die Klemmvorrichtung e wird das Stück d an ab festgestellt. Der Mechanismus gestattet also: Annäherung oder Entfernung der Spitze c nach a : grob, durch Verschiebung des ungeklemmten d mit c , fein: nach Klemmung von d mittelst e , durch Anwendung der Schraube ss .



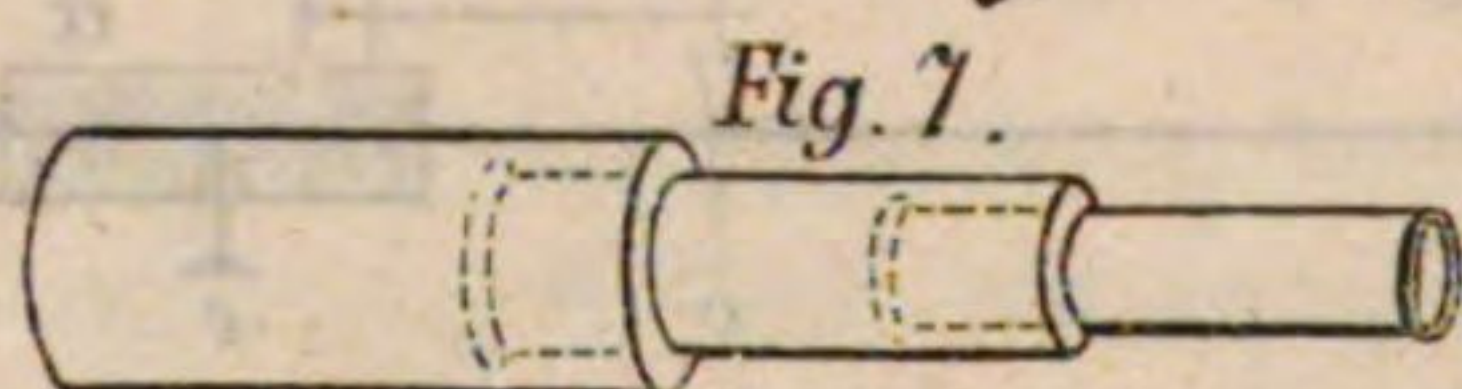
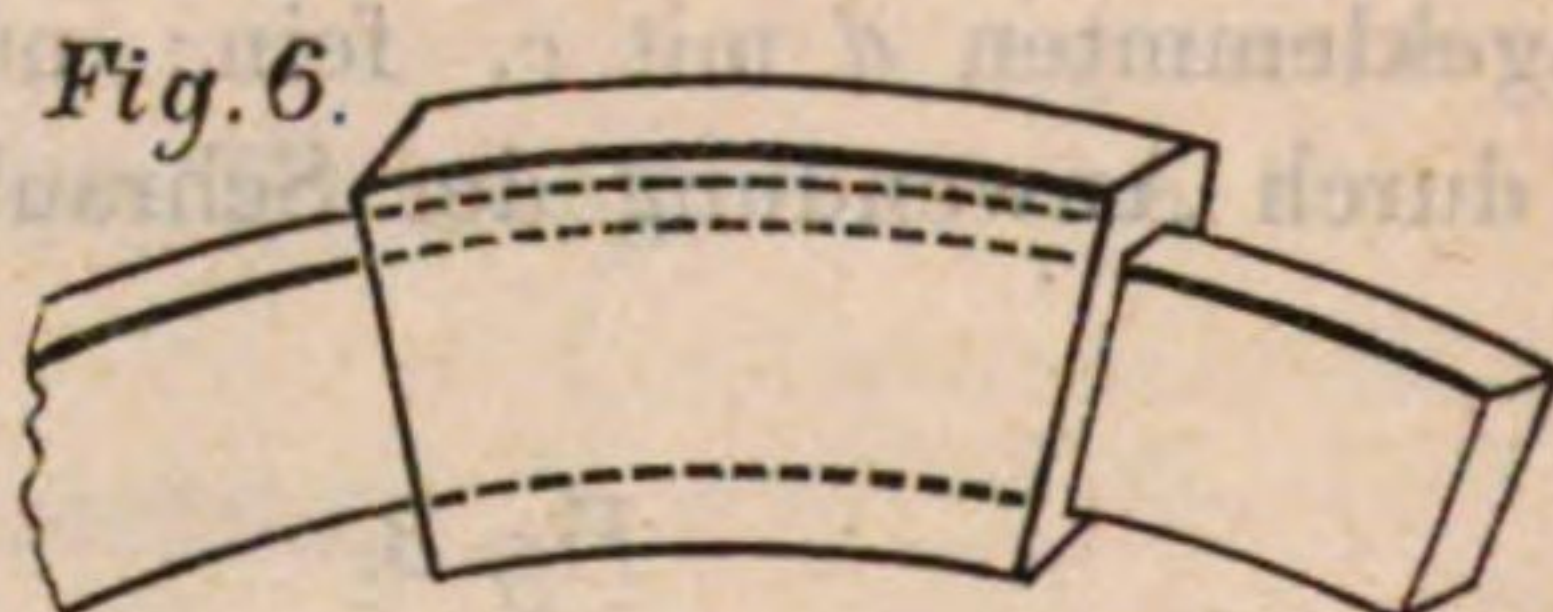
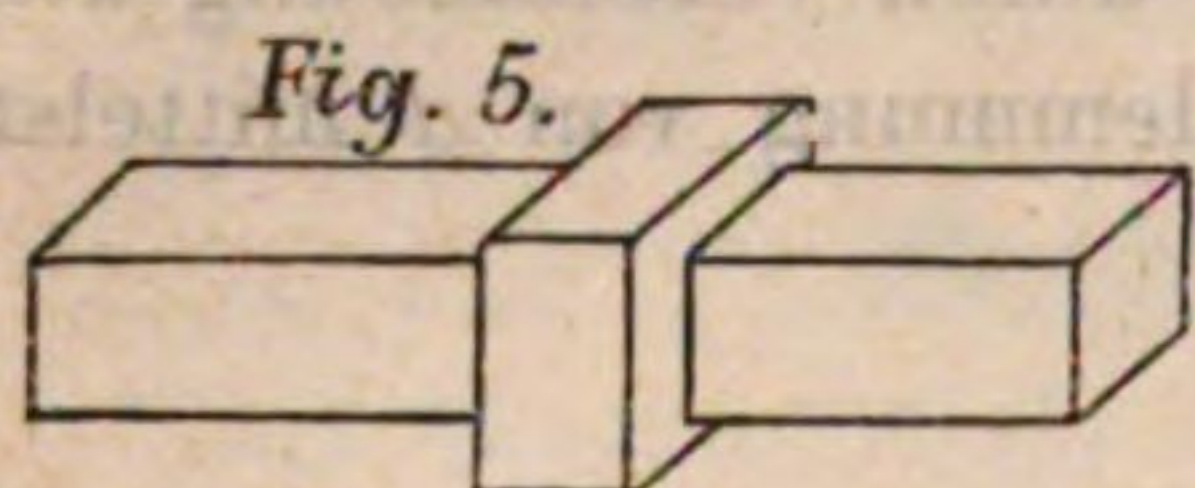
Diese Bewegung, oder besser die Auseinanderstellung von a und c , soll oft auch genau gemessen werden, als Länge oder als Bogen (resp. Winkel). Zur feinen Messung müssen daher nothwendigerweise auch Vorrichtungen angebracht sein.

Erstes Kapitel.

Grobe Bewegung.

§ 29. 1. **Schiebervorrichtung** zur Längenbewegung eines Punktes in einer Linie. Diese Vorrichtung ist eigentlich schon durch obiges Beispiel erklärt. Auf einer graden oder kreisförmig gebogenen Stange ist ein Stück, Schieber, auf und ab beweglich, ohne andere Bewegung, als in der Längsrichtung,

d. h. ohne zu wackeln. Hierzu muss der hohle Querschnitt fast genau dem vollen der Stange gleich sein. Auch zum Verschieben einer Röhre in die andere hinein, also zum Verkürzen oder Verlängern derselben, dient solche Vorrichtung; es muss aber die Längsaxe des Schiebers oder seine Richtungslinie ganz genau mit der Längsachse oder Richtungslinie der festen Stange, resp. Röhre zusammenfallen. (Fig. 5. 6. 7.)



§ 30. 2. Zapfendrehung. Zur Kreisbewegung eines Punktes um einen andern, oder: zur Drehung einer Linie in einer bestimmten Ebene um einen festen Punkt dieser Linie, oder endlich: um die Drehung einer Ebene um einen ihrer Punkte (Pivotpunkt) aber in der Richtung der Ebene selbst, vorzunehmen, bedient man sich gewöhnlich folgender Vorrichtung: Um einen festen Centralzapfen *a* legt sich ein Hohlcyylinder *b*, welcher in senkrechter Richtung zu der Mittellinie des Zapfens die zu drehende Ebene *e*, oder Linie *l*, oder Punkt *p* trägt. Die Mittellinie des Zapfens bildet die Drehachse, oder Pivotlinie. Die Höhlung des Hohlcyinders legt sich eng um den Mantel des Zapfens, so dass ein Wackeln in anderen Richtungen vermieden wird. Die Drehung geschieht um so sicherer in ein und derselben Richtungsebene, je länger die Achse ist, je höher Zapfen und Cylinder; am leichtesten ist die Sicherheit der Drehung zu erreichen, wenn Zapfen und Höhlung des Cylinders konisch, kegelförmig, so construirt sind, dass die Spitze ihres Kegelschnittes genau den gleichen Winkel hat. (Fig. 8.)

Umgekehrt kann der Hohlcyylinder fest sein und es soll der Zapfen, als Achse, sich in ihm drehen.

Die Drehung einer Scheibe oder Linie in ihrer Richtungsebene ist nur dann möglich, wenn der Centralzapfen mit seiner Mittellinie senkrecht zu ihr steht. Fig. 8.

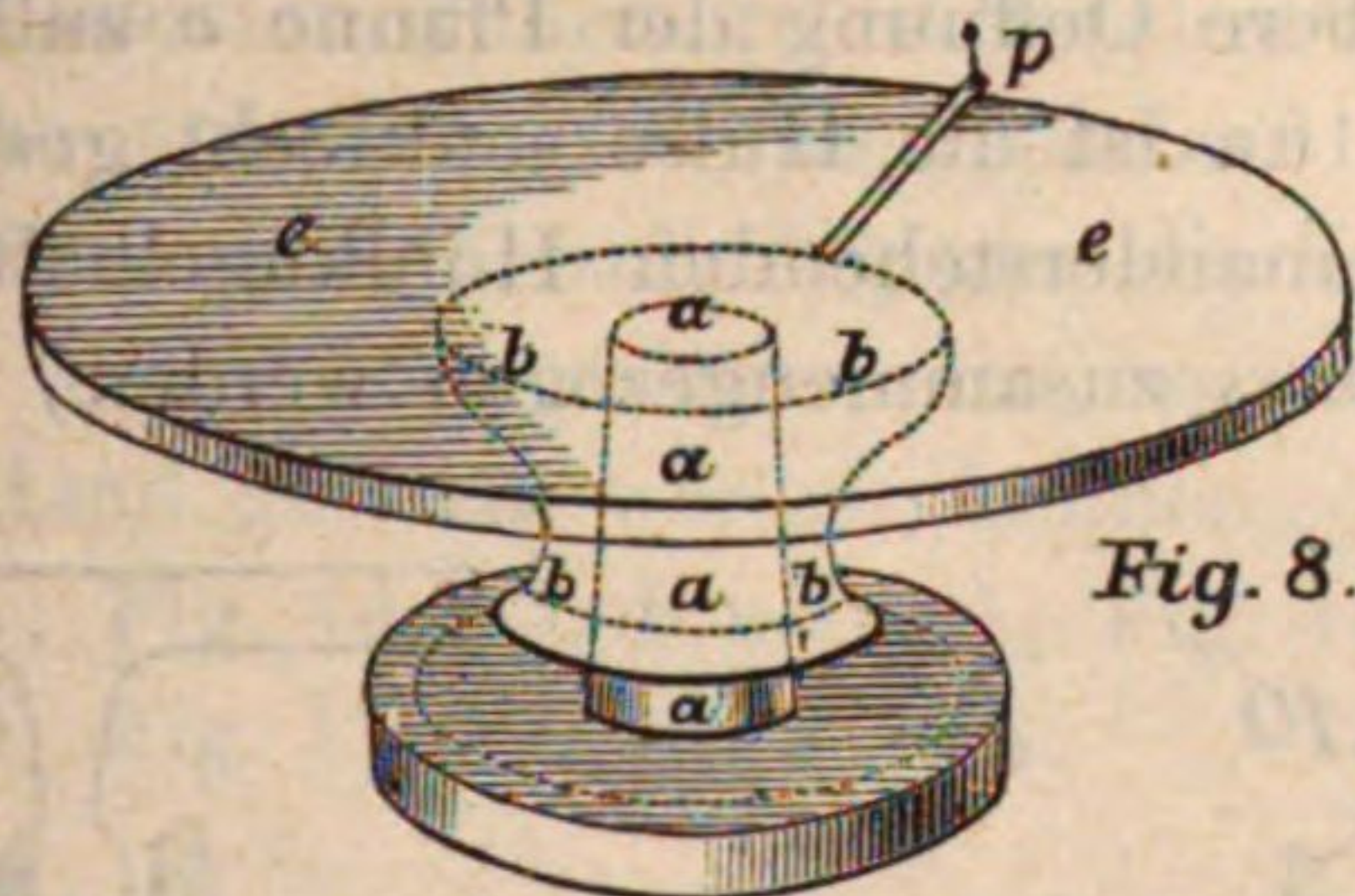


Fig. 8.

§ 31. Auf demselben Princip beruht die Construction des **Charniergelenkes**: Sollen zwei Ebenen jede selbständig für sich um eine gemeinschaftliche Axe gedreht, oder die eine an der Peripherie der anderen auf- und zugeklappt werden, so dient dazu eine Befestigung der Ebenen aneinander mittelst cylindrischer, an ihrer Peripherie angebrachter kreisrunder Platten, die gleich einer Oese durchbohrt sind, und durch die ein Bolzen als Drehaxe durchgesteckt ist, und so den bekannten Zirkelkopf darstellt. Wir finden dies Gelenk somit bei jedem Zirkel angewendet, die Schenkel des Zirkels sind durch Charniergelenk miteinander verbunden, indem durch die durchbohrten cylindrischen Theile *a* und *b* der beiden Zirkelfüße ein Bolzen *c* mit Nietfläche *d* durchgesteckt ist, der durch eine Schraubenmutter *e* festgehalten wird.

Das Charniergelenk gestattet also eine Bewegung in nur einer Ebene. Fig. 9.

§ 32. **3. Das Kugelgelenk** zur Ermöglichung von Bewegungen nach jeder Richtung um einen festen Punkt. Fig. 10. 10 a. 10 b.

Unser Schultergelenk ist ein Kugelgelenk im Gegensatz zum Ellbogengelenk, welches nur die Charnierbewegung zulässt. Das Kugelgelenk oder die Nuss besteht aus der Hülse, die verschieden construirt sein kann, und der Kugel mit Zapfen.

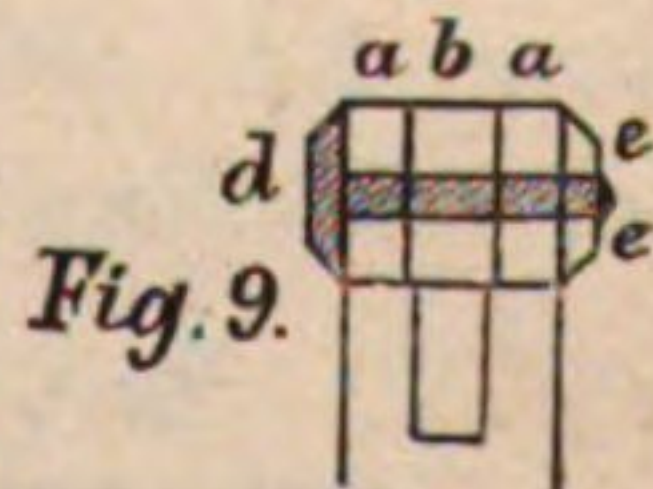
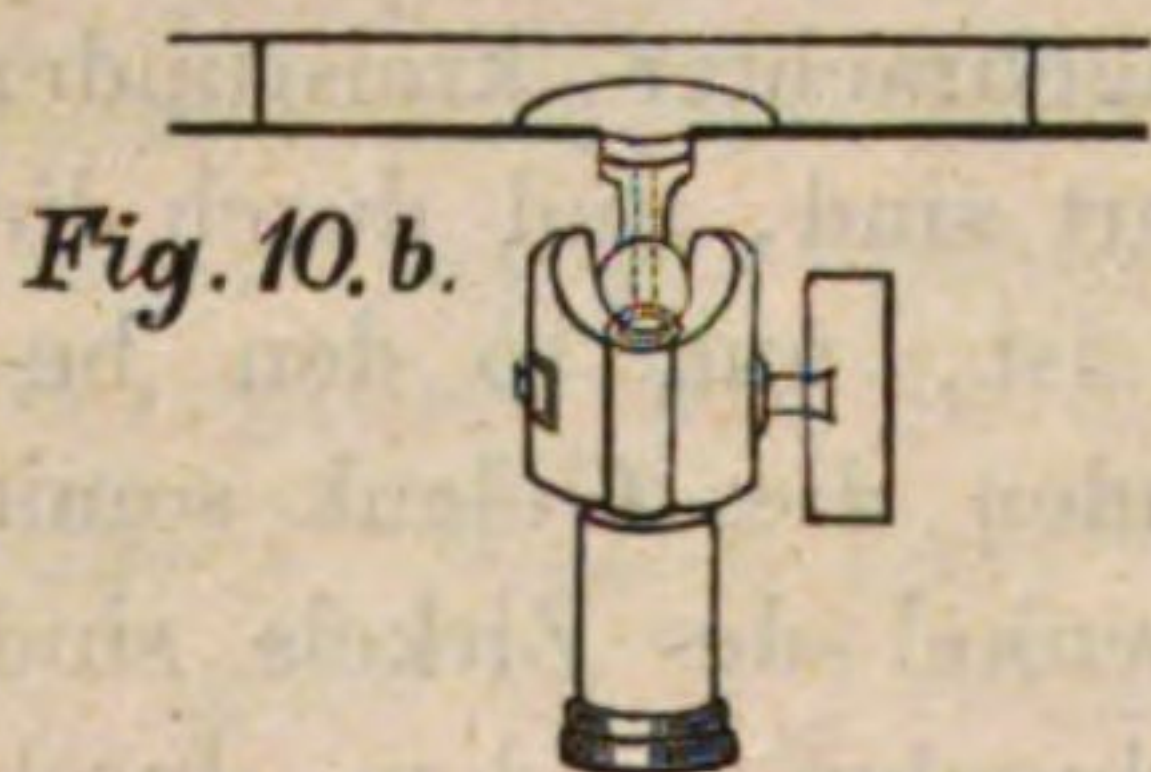
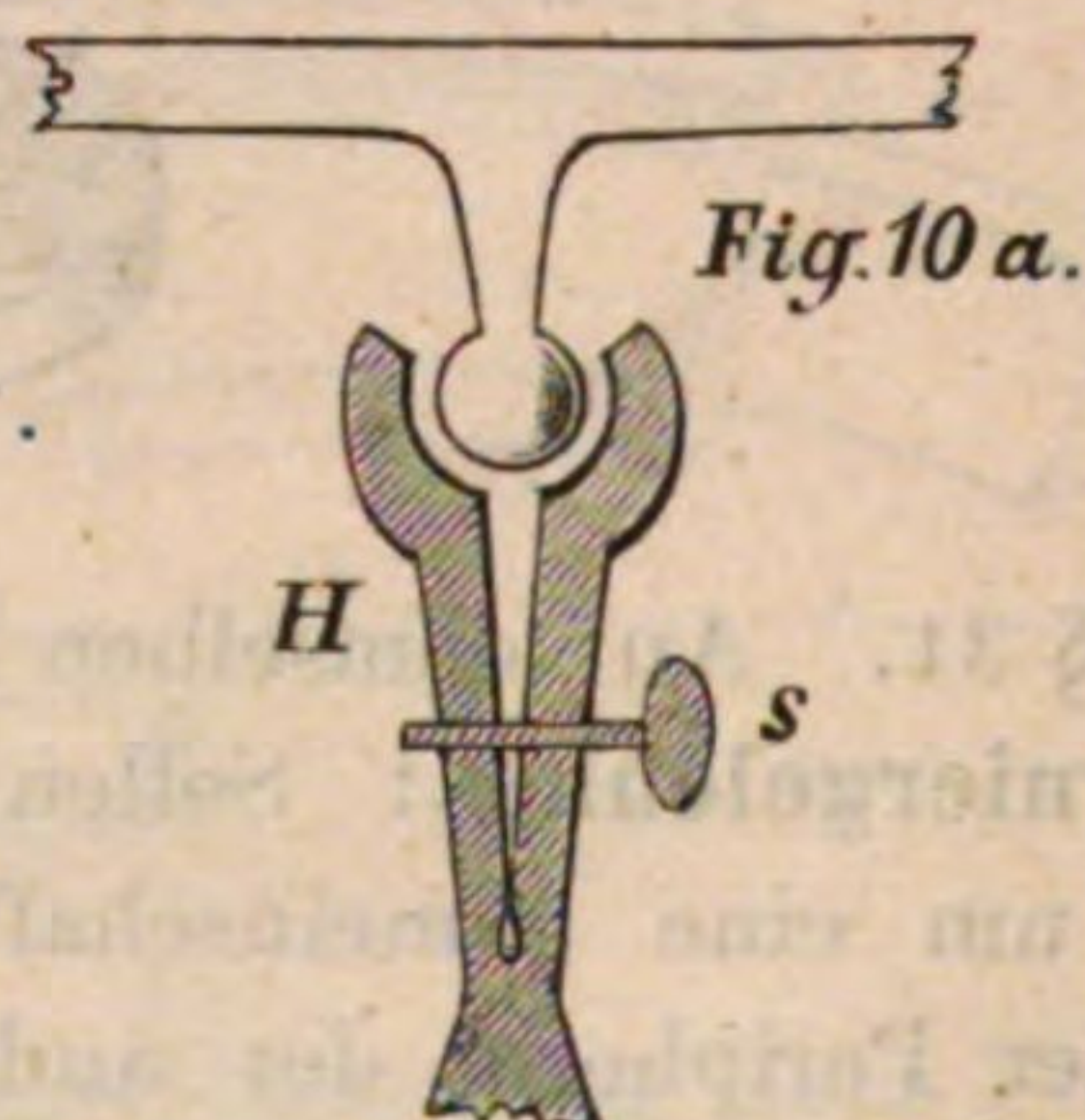
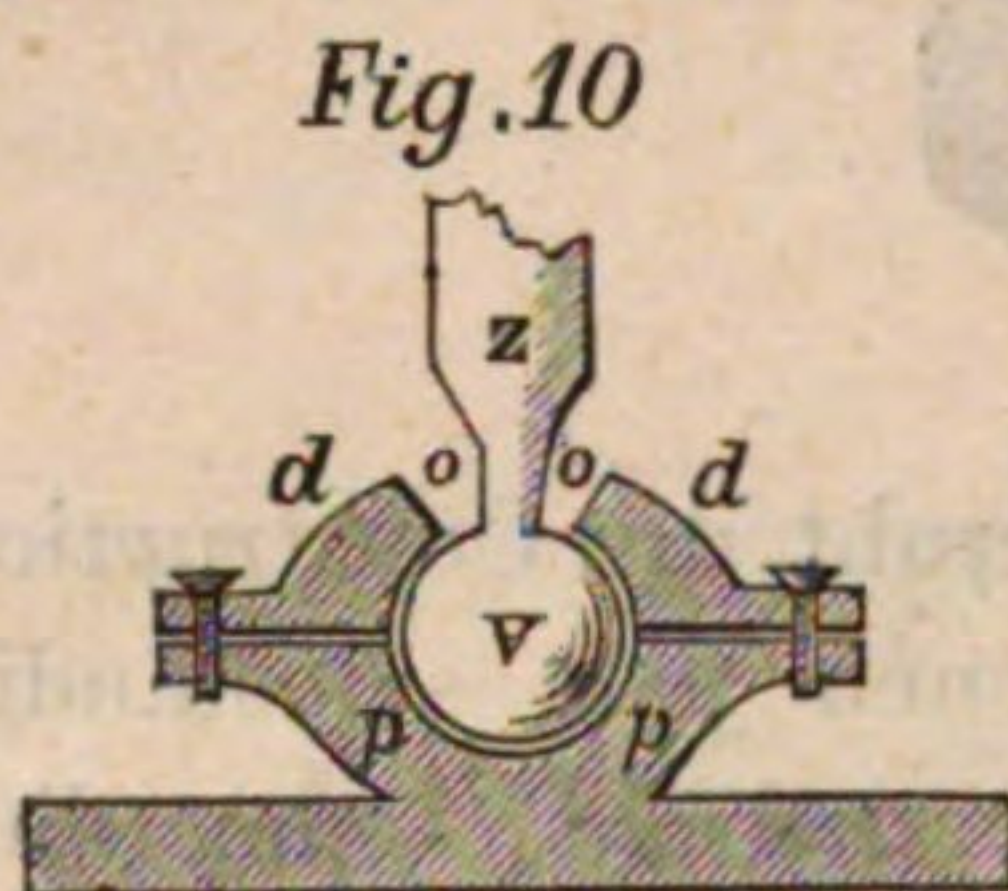


Fig. 9.

In der Construction nach Fig. 10 bildet sich eine Hülse aus Pfanne *p* und aufzuschraubendem Deckel *d*; die Höhlungen beider ergänzen sich, aufeinandergelegt, zur Hohlkugel, in welcher die Vollkugel *v* mit Zapfen *z* sich frei drehen lässt, soweit es die obere Oeffnung der Pfanne *o* zulässt.

Nach Fig. 10 a ist die Hülse senkrecht gespalten, so dass die beiden auseinanderstehenden Hohlkugelhälften, wenn sie mit der Schraube *s* zusammengezogen werden, die Kugel eng



umschliessen. Die Umschliessung kann aber auch bis zur Verhinderung jeder Bewegung der Kugel verengt werden. Je weiter die obere Oeffnung der Hülse, um so grössere Bewegungen sind nach allen Seiten möglich, aber um so wackeliger ist die Verbindung des Zapfens mit der Hülse. Fig. 10 b ist gleichfalls leicht verständlich.

Zweites Kapitel.

Klemmvorrichtungen für die Dauer.

§ 33. Eine dauernde, feste Verbindung zweier Theile geschieht an unseren Instrumenten gewöhnlich mittelst Schrauben; da, wo Metall an Metall befestigt wird, mittelst Metallschrauben Fig. 11 (Spindel cylindrisch geformt); da, wo Metall an Holz oder Holz an Holz befestigt werden soll, durch Holzschrauben Fig. 12 (Spindel konisch geformt). Die

Schraube hat den wesentlichen Vorthail vor Nagel- oder Nietens-
befestigung, dass sie sich nicht so leicht beim längeren Gebrauch
lockert, und das Auseinandernehmen der Instrumente zur Con-
trolle und Correctur ihrer Fehler erleichtert. Soll die Verbin-
dung nur in äussersten Fällen gelöst werden können, so er-
hält die Schraube nur einen für das Einsetzen des Schrauben-
ziehers eingekerbten Kopf, soll dagegen die Verbindung tem-
porär gelöst und wieder hergestellt werden, so muss die Schraube
leicht mit der Hand gedreht werden können, also mit Lap-
pen, Flügeln, Fig. 14. 15, Knebel, Fig. 16, oder grossem
rundem Kopf, Fig. 17, versehen sein.

Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.

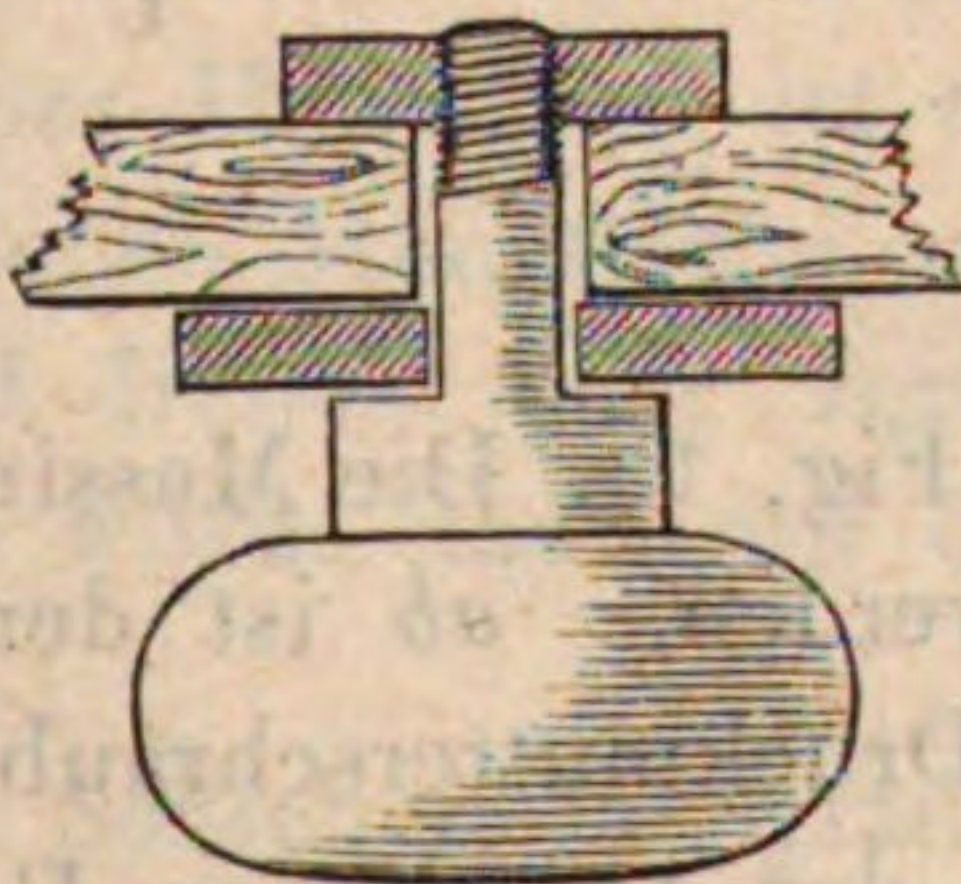


Fig. 14.



Die Verbindung von
zwei Einzelstücken, na-
mentlich solcher von Holz,
welche nur zeitweise mit
einander fest verbunden sein

Fig. 15.



Fig. 16.

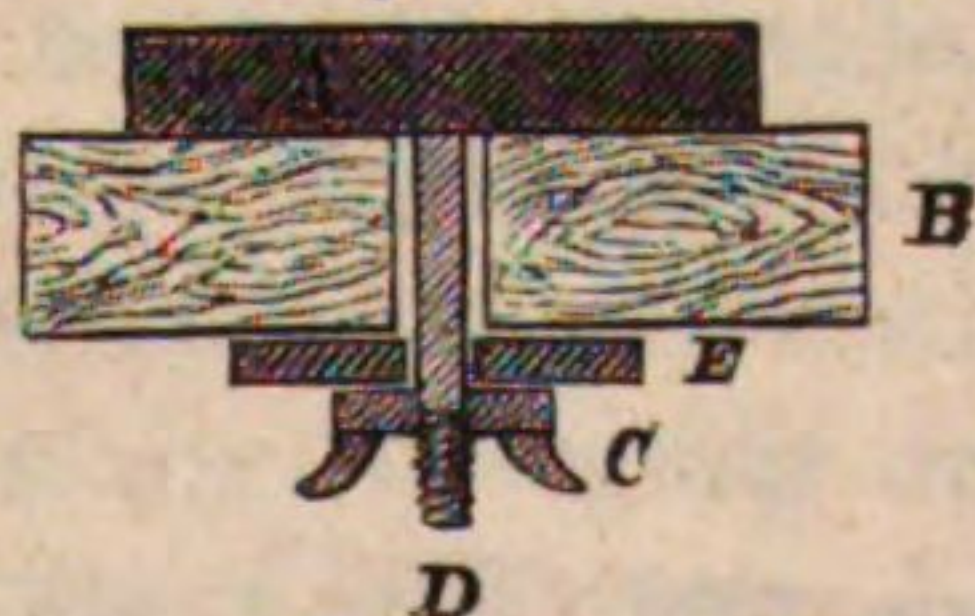


Fig. 17.



sollen, geschieht häufig auch durch Schraubenbolzen mit
Schraubenmutter. Z. B. die Metallplatte *A* soll auf der
Holzplatte *B* durch Bolzen verbunden sein. Die Art und
Weise ergibt sich aus der Figur, welche den Vertikaldurch-
schnitt zeigt. *A* Metallplatte, *D* Bolzen
mit Schraubenstange, *B* Holzplatte,
C Flügelschraubenmutter, *E* Metallplatte
als Druckstück, damit durch Umdrehung
der Mutter dicht am Holz *B* dieses nicht
verletzt werde, und der Druck auf *B*,
sowie der Zug auf *A* immer in der gleichen Richtung er-
folge.

Fig. 18.



§ 34. Soll die Verbindung nicht so fest als möglich, sondern leicht, aber ohne Spielraum geschehen, so ist die Anwendung von Federn, Spiralfedern und federnden Platten derartig geboten, dass dieselben zwischen die Druckschraube und den einen der beiden zu verbindenden Theile gelegt werden, wie dies aus Fig. 19, 20, 21, ersichtlich ist.

Fig. 19.

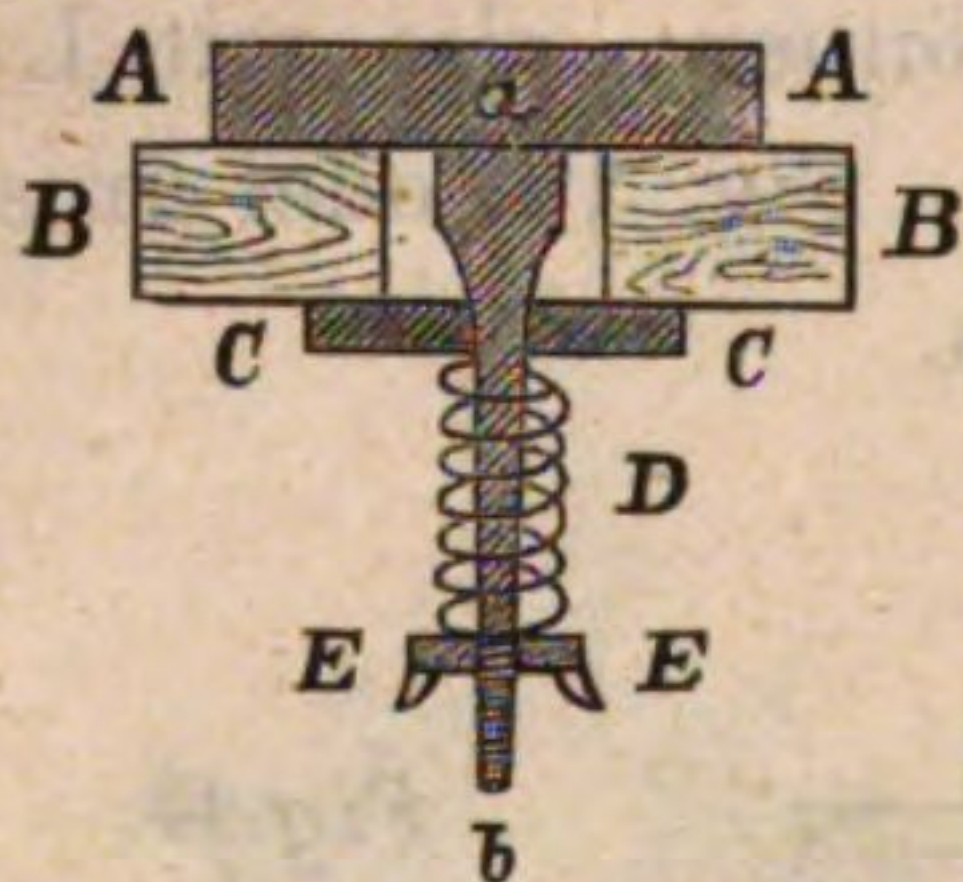


Fig. 20.

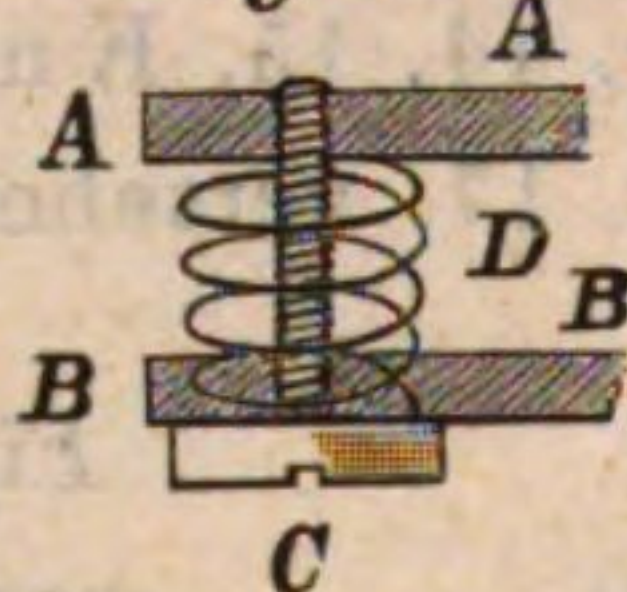
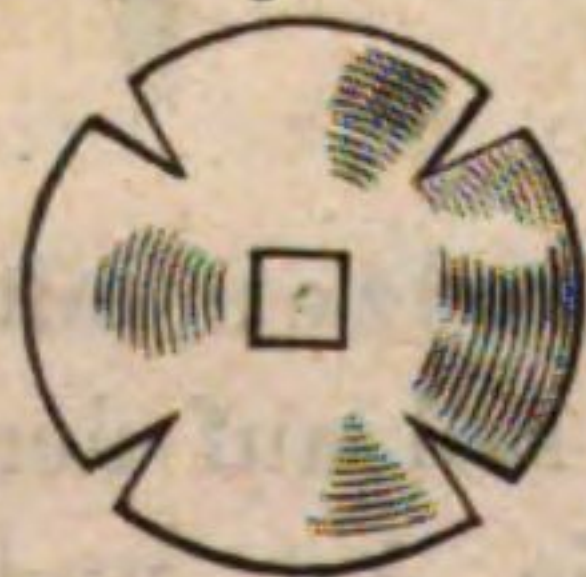


Fig. 21.



Erklärung: Fig. 19. Die Messingplatte *AA* soll federnd an *BB* befestigt werden. *ab* ist der Bolzen mit Schraubengewinde für die Druckmutterschraube *EE*; *CC* ist die mit Hülfe von *E* und der Spiralfeder *D* gegen *BB* angedrückte Druckscheibe Fig. 20. Die Platte *A* soll durch Schraube *C* und Feder *D* genau in der Entfernung *AB* erhalten werden,

Fig. 22.



die Schraube aber soll nicht zu fest auf *A* wirken. Fig. III. In der Hülse *BB* soll sich der Zapfen *Aaa* leicht drehen, aber ohne zu wackeln und ohne sich in der Richtung *F* senken zu können; hierzu wird zwischen die Mutter *bb* und die Oberfläche *dd* eine federnde Druckplatte von nebenstehender Form gelegt: Fig. 22.

Drittes Kapitel.

Augenblickliche Klemmung.

§ 35. Wir haben es zu thun mit der momentanen Festklemmung von Schiebern auf graden Stäben, oder

Schiebern oder Rädern (Alhidaden), die an Kreisbogen (auch Limbus genannt) auf und ab zu bewegen sind; Zapfen (Achsen), die sich in Hohlcyllindern, Hohlcyllindern, die sich um Zapfen drehen.

Die momentanen Klemmungen werden in der Regel durch starke Reibung herbeigeführt. [Hält man einen glatten cylindrischen Stab fest in der Hand, so ist derselbe wegen der vermehrten Reibung zwischen Handfläche und Oberfläche des Stabes nicht in der Hand drehbar oder verschiebbar, sondern eine Drehung des Stabes würde dann nur durch die Drehung der Hand selbst erfolgen.]

Die Bewegung eines Schiebers in grader Linie auf fester Basis kann verhindert werden

§ 36 a) durch den Druck einer **[Klemm-]Schraube**, die, aus dem Schieber hervor, gegen die feste Basis drückt. Soll die Schraube nicht unmittelbar gegen die Basis wirken, damit letztere nicht beschädigt werde, so legt man zwischen Schraube und Basis ein Druckstück. Es muss möglichst nur eine Schraubendrehung rechts oder links genügen, der Zeitersparniss bei der Arbeit wegen, um die Klemmung oder Lösung der Bewegung zu bewirken,

§ 37 b) durch **Zangenklemme**, indem man zangenartig zwei kleine Platten, die, von zwei Seiten den Stab oder die Basis umfassend, den Schieber bei seinen Bewegungen begleiten, mehr oder weniger stark durch eine Schraube oder eine Feder zusammenziehen lässt, so dass eine Pressung von zwei entgegengesetzten Seiten entsteht, welche die Bewegung des Schiebers verhindert. Gewöhnlich wird die Verbindung der Zangenklemme mit dem Schieber mittelst einer langen Schraube bewirkt, durch deren Drehung der Schieber von der Klemme

fein entfernt oder ihr genähert werden kann (feine Bewegung). Fig. 23.

Die Bewegung eines Schiebers an einem Kreisbogen entlang kann auch verhindert werden, indem man den Radius, dessen Ende der Schieber gewöhnlich bildet, an seiner Drehachse festklemmt, wodurch der oft erwünschte Vortheil entsteht, dass die Klemme nicht unmittelbar an den Kreisbogen angebracht zu werden braucht. (s. neuere Kippregel.)

Fig. 23.



Zangenklemme im Durchschnitt.

§ 38. c) Soll die Bewegung einer **gezahnten Stange** oder eines gezahnten Bogens verhindert werden, so geschieht dies vielfach durch Einführung eines gleich gezahnten kurzen Druckstückes *a* gegen die Zähne der Stange. Die Heranführung dieses Druckstückes kann mittelst Schrauben oder auch mittelst Federzuges oder Druckes geschehen.

Fig. 24.



a

Druckstück.



b gezahnte Stange.

§ 39. d) Die Bewegung eines Zapfens oder einer Axe in einem Hohlzylinder oder Hülse kann auf verschiedene Weise verhindert werden. Gebräuchliche Arten sind:

1. die Klemmschraube,
2. der Klemmring.

Die **Klemmschraube** ist durch die Hülse gesteckt und drückt beim Anziehen (d. i. Rechtsdrehen) selbst oder mittelst Druckstückes gegen die Achse.

Der **Klemmring** ist entweder fest oder federnd. Der feste Klemmring, nach Reichenbach, legt sich mit etwas Spielraum um die zu klemmende Achse herum; durch den

Ring geht in radialer Richtung eine Klemmschraube; durch Anziehen derselben drückt diese ein bewegliches Kreissegment gegen die Axe oder Flansche, gleichzeitig zieht sie auf der entgegengesetzten Seite den Ring mit zwei Ansätzen an die Achse heran. Fig. 25.

Geschlossener Klemmring

offener oder federnder Klemmring.

Fig. 25

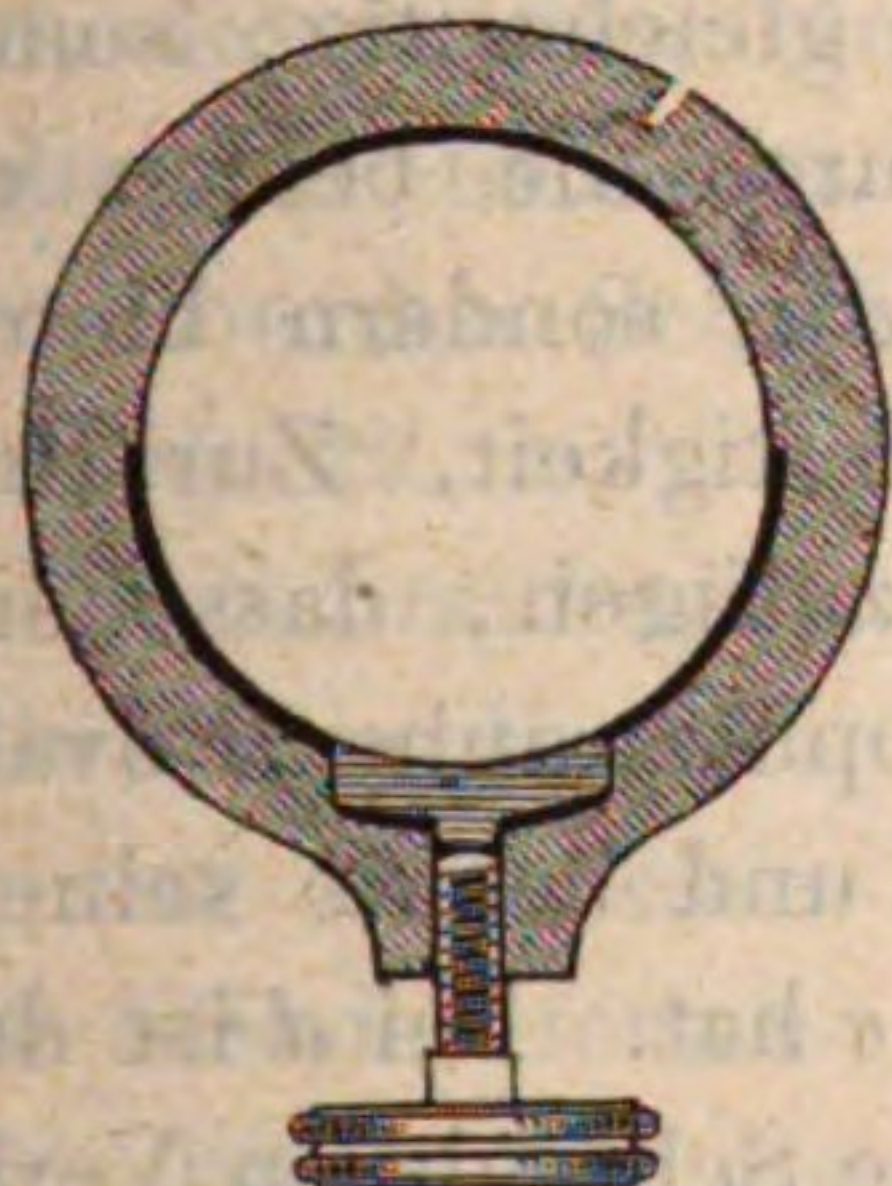
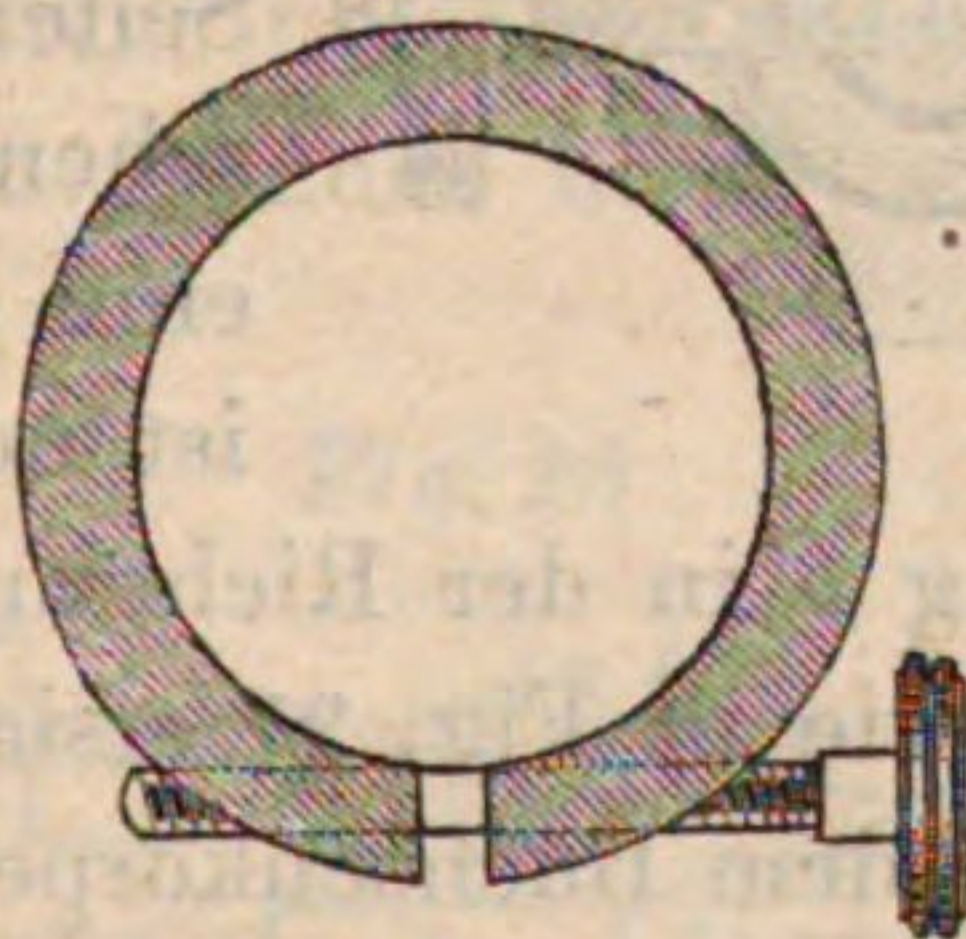


Fig. 26



Der federnde Klemmring ist ein durchgeschnittener Ring, der das Bestreben hat, sich federnd zu erweitern. Fig. 26.

Eine in der Richtung einer Sehne oder Tangente durch den Ring gelegte Klemmschraube zieht den Ring bei Rechtsdrehen zusammen, der sich dann wie ein Gürtel fest um die zu klemmende Axe legt.

Die Klemmringe müssen auf irgend welche Art fest und unwandelbar mit der Hülse verbunden sein, in welcher die Axe festgeklemmt werden soll.

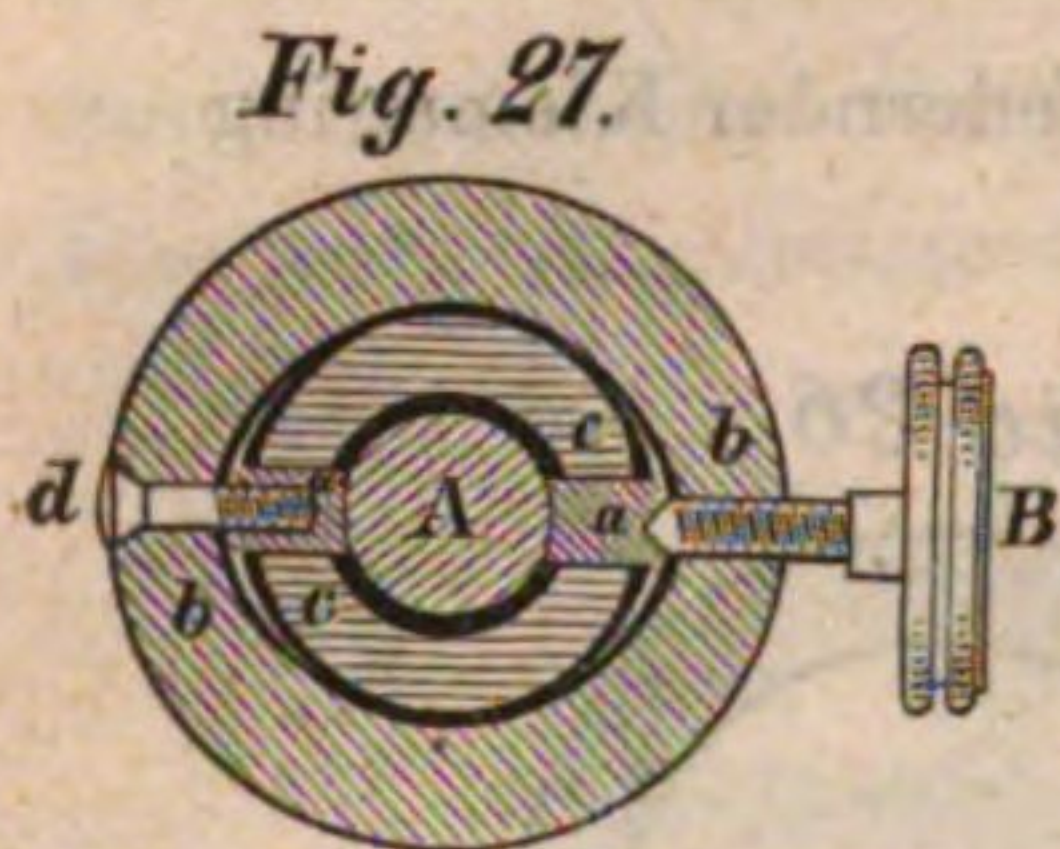
Auch die ganze Hülse kann aufgeschnitten und federnd eingerichtet sein, dies ist aber seltener der Fall.

Mit der Reichenbachschen geschlossenen Klemme wird in den meisten Fällen ein Mikrometerwerk in Verbindung gesetzt, während die federnde Klemme zur Feinstellung auf ihrem äusseren Umfang eine Schraube ohne Ende trägt, welches weiter unten dargelegt wird. (Siehe weiter unten.)

§ 40. Die Ringklemme nach Breithaupt. Diese ersetzt besser die sonst übliche Klemmung einer Kreisdrehung mittelst blosser Klemmschraube, weil diese immerhin eine kleine

seitliche Verschiebung der Zapfenaxe in der Hülse bewirkt, häufig unzureichend fest ist, auch insofern, wenigstens nach längerem Gebrauch, selbst im Moment der Klemmung, eine kleine fehlerhafte Drehung des Zapfens um seine Axe bewirkt, als die Schraube beim Anziehen in etwaige alte Eindrücke

hineinzugleiten sich bestrebt. — Die hier vorliegende Klemmvorrichtung umfasst die Axe *A* beim Anziehen des Knopfes *B* nicht allein gleichzeitig, somit ohne Seitendruck, durch die beiden cylindrischen Stöpsel *aa*, sondern bietet auch eine grössere Festigkeit. Zur Erklärung ist noch hinzuzufügen, dass der starke



Metallring *b* in der Richtung der Knopfschraube *B* oval ausgefeilt ist, wie in Fig. 27 ersichtlich ist, und bei *bb* seine Berührung mit dem Buchsenkörper (Hülse) *c* hat. Bei *d* ist der Stöpsel *a'* mit dem Ring durch eine kleine Schraube in Verbindung gesetzt, wogegen der andere Stöpsel *a* durch die Schraube *B* vorgetrieben und gleichzeitig den Ring mit seinem Stöpsel *a'* nachzieht, also beide ihren gemeinschaftlichen Druck gegen die Axe *A* ausüben.

Viertes Kapitel.

Feine Bewegung.

§ 41. Da, wo die Klemmvorrichtungen die zu verschiebenden oder drehenden Theile völlig an der Bewegung hindern, müssen sie mit einer Vorrichtung in Verbindung gebracht werden, durch welche sie selbst fein, d. h. mittelst Schraube verschoben, resp. gedreht werden. Jedenfalls bildet die Klemmvorrichtung den Ausgangspunkt für die feine Bewegung.

1. Feine Bewegung in grader Linie.

§ 42. Auf einer feststehenden Basis (Stange oder dgl.) soll ein Schieber fein vorwärts und rückwärts bewegt werden.

a) Auf der Basis *a* ist ein Ständer *c* befestigt, in welchem eine Schraube *d* um ihre Axe drehbar, aber sonst vernietet ruht; auf dem Schieber *b* befindet sich die Mutter *e* für diese Schraube. Durch Drehung rechts oder links zieht oder drückt die Schraube den Schieber vor und zurück, und zwar um so feiner, je geringer die Gewindehöhe der Schraube ist. Fig. 28.

b) Auf der Basis *a* befindet sich der Ständer *c*, welcher ein Muttergewinde enthält. Durch dieses ist die Schraube *d* gesteckt, die mittelst Knebels oder Kugelgelenkes *e* am Schieber *b* drehbar befestigt ist. So zieht bei der Drehung rechts die Schraube den Schieber an den Ständer heran und umkehrt. Fig. 29.

c) Die Schraube wie ad b, aber ohne Knebel, vermag nur den Schieber vom Ständer fortzurücken. Eine an der Basis entgegengesetzt befestigte Feder drückt den Schieber wieder zurück. Durch die gegenseitige Wirkung beider Theile ist eine feine Bewegung gesichert. Die Feder kann übrigens auch durch eine zweite Schraube ersetzt werden. Dieselbe Wirkung wird auch durch die ad Klemmung erwähnte Spiralfeder erreicht, welche um die Schraubenspindel herumgelegt ist. [Fig. 20.]

Anmerkung. Beim Stangenzirkel, wo solche Bewegung besonders erforderlich, wird correcter Weise die Schraube *d* in die Mittelaxe seiner röhrenförmigen Stange gelegt.

Die Schraube zur feinen Bewegung nennt man gewöhnlich Mikrometerschraube.

d) Die feine Bewegung in grader Linie kann auch mittelst des Getriebes bewirkt werden. Dasselbe besteht aus der Zahnstange *a* und dem Zahnrade *b*, welches mittelst Schraubenkopf

Fig. 28.

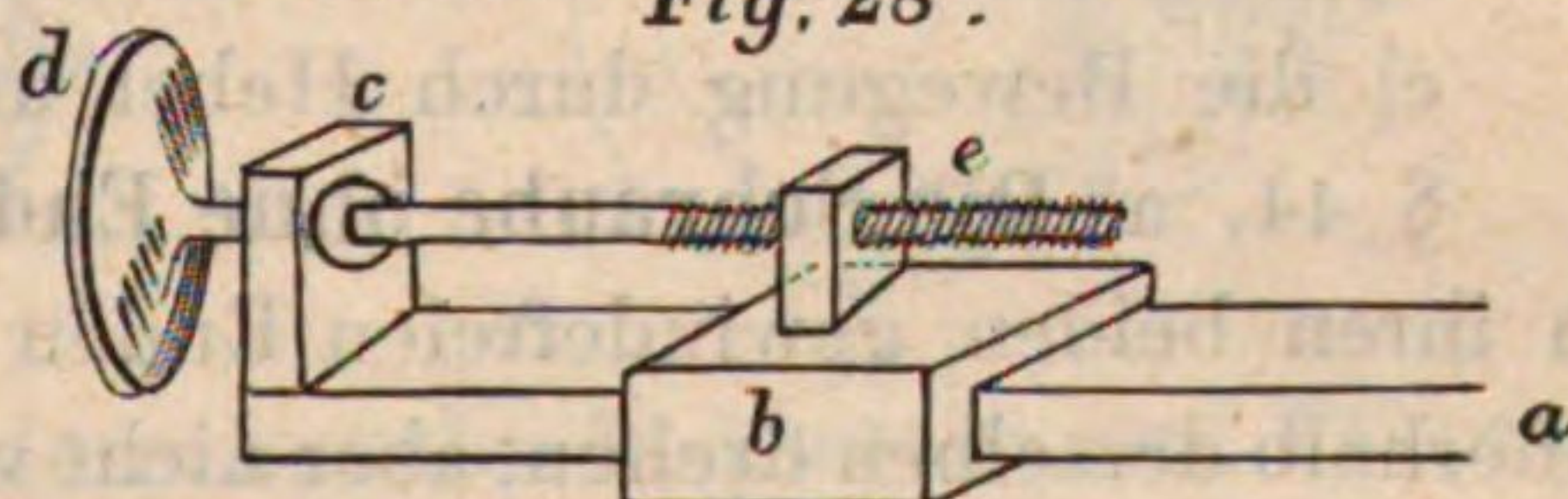


Fig. 29.

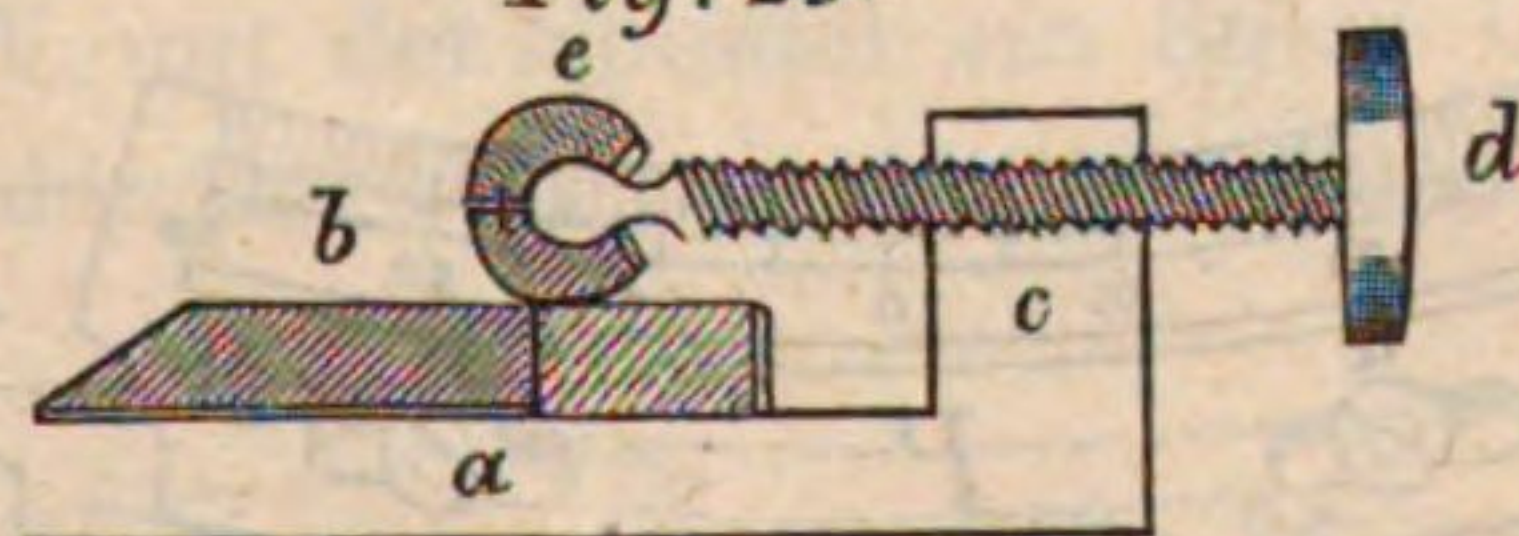


Fig. 30.



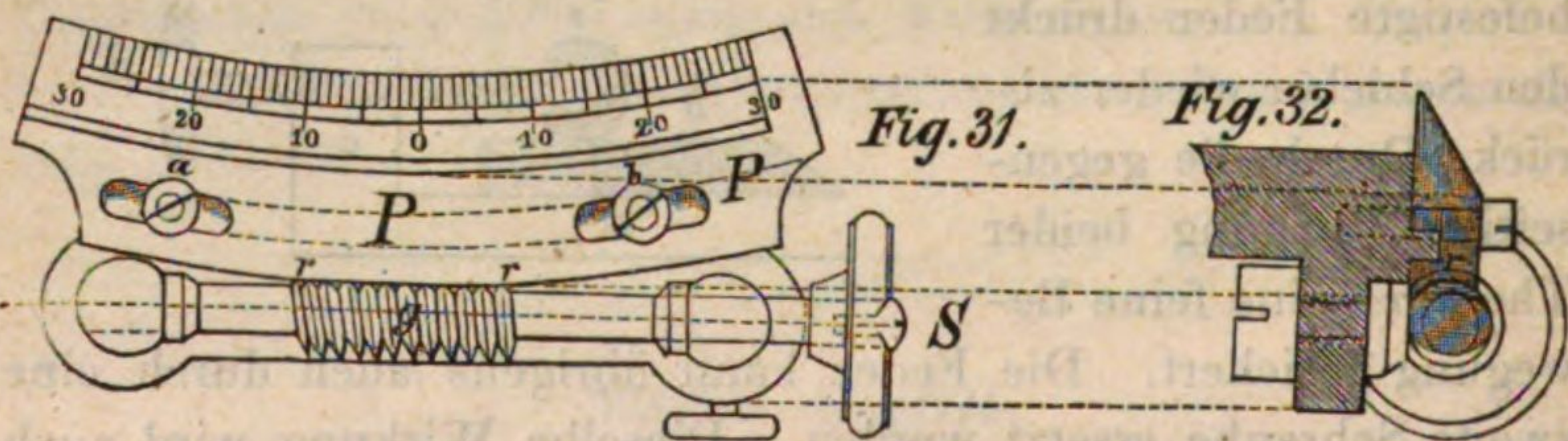
gedreht werden kann. Das Zahnrad ist an dem feststehenden, die Stange an dem zu bewegenden Theile befestigt. Durch Drehen des Zahnrades wird mittelst der Zähne die Stange vor oder rückwärts bewegt. Fig. 30.

2. Feine Bewegung im Kreise.

§ 43. Dieselbe kann durch die gewöhnliche grade Mikrometerschraube nicht erzielt werden, oder höchstens mittelst Druckes auf ganz winzige Strecken. Man hat gewöhnlich drei Mittel hierzu:

- a) die Schraube ohne Ende,
- b) die Mikrometerschraube in Kugeln und Pfannen,
- c) die Bewegung durch Hebel und Schraube.

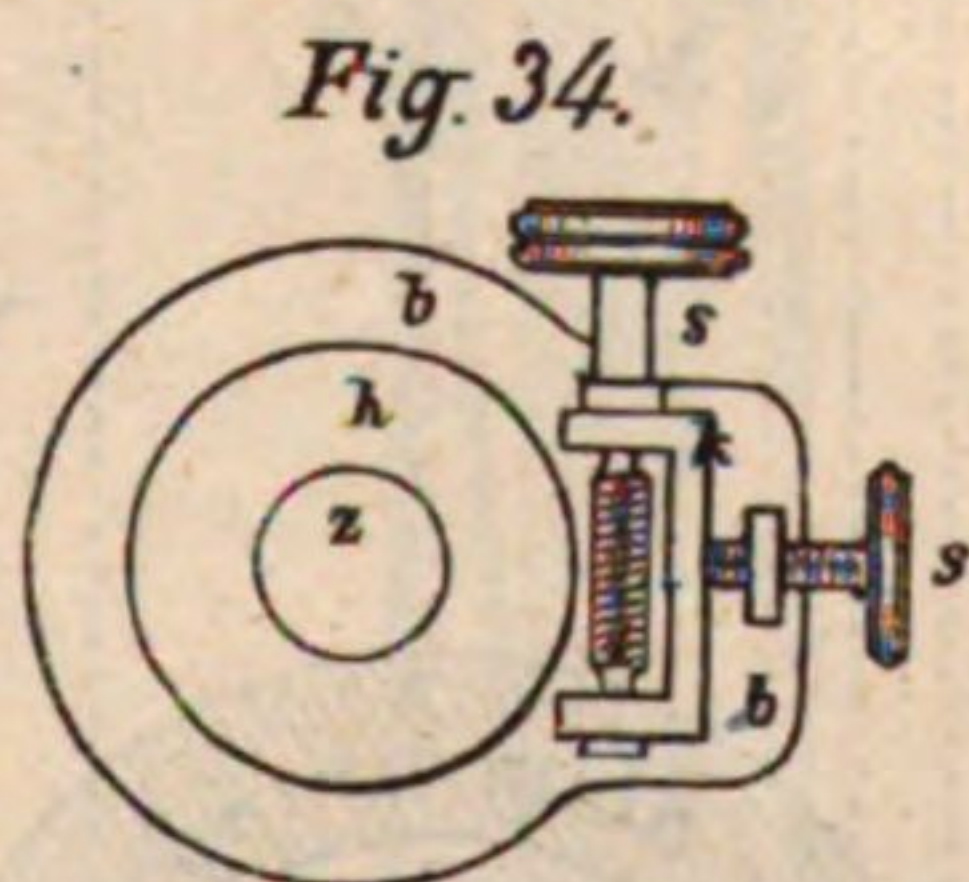
§ 44. a) **Die Schraube ohne Ende** ist eine solche, welche an ihren beiden gewindefreien Enden in Lagern ruht und sich innerhalb derselben drehen, aber nicht verschieben lässt. F. 31. 32.



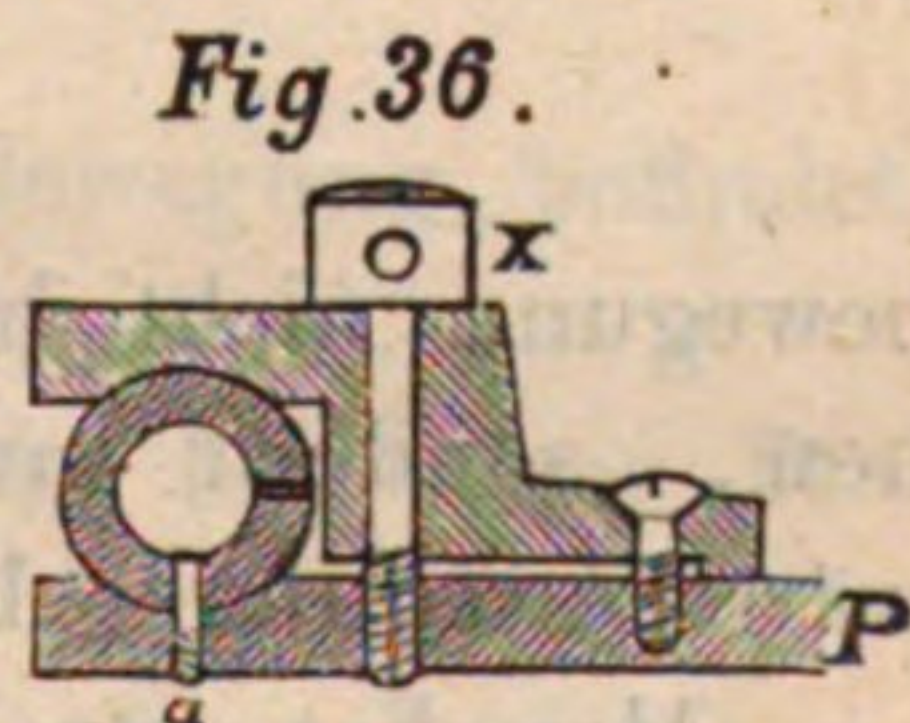
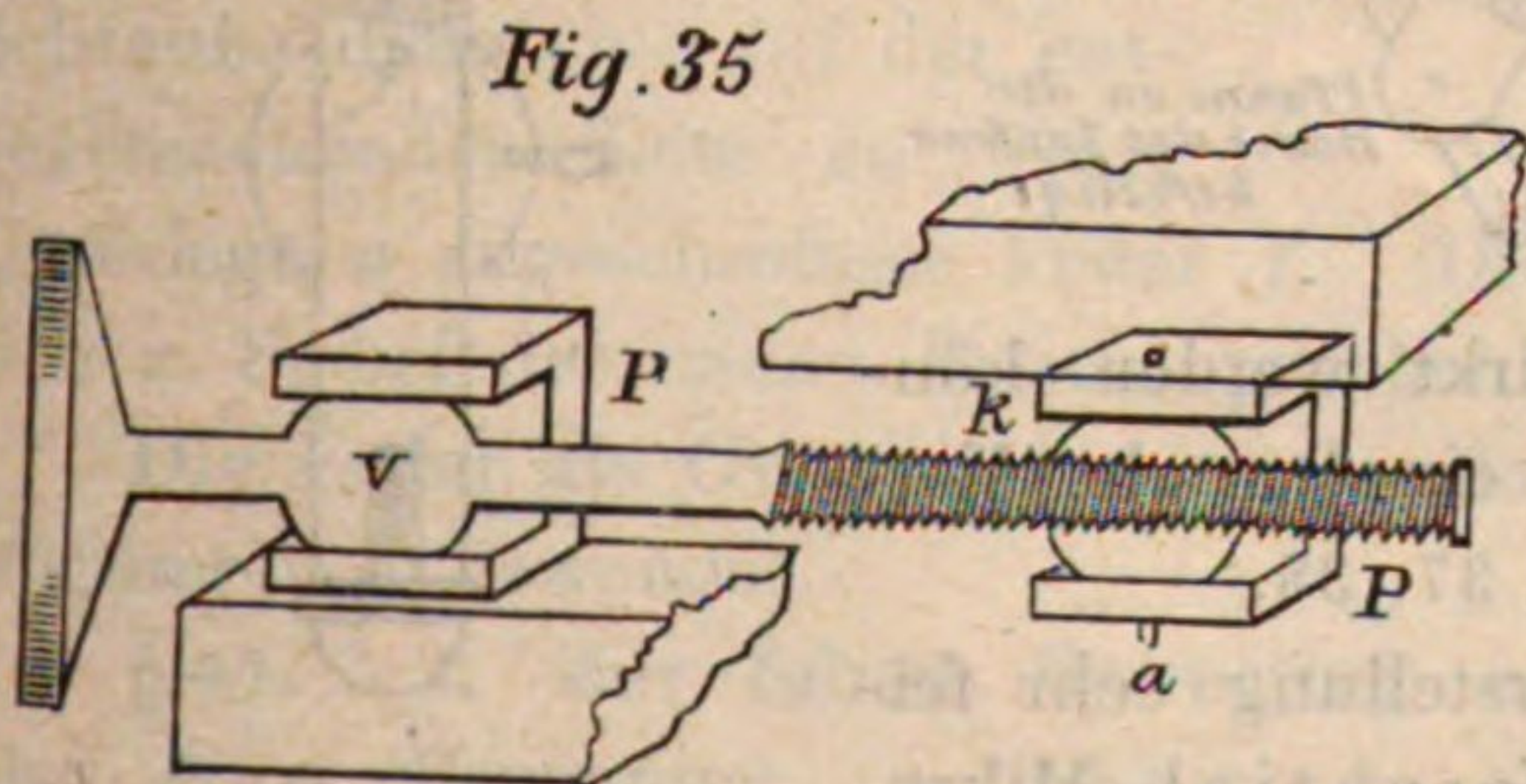
Soll sich die Platte P fein in der Kreislinie ab bewegen, so muss sie mit einem gezahnten kreisförmigen Ansatz r versehen sein. Die Lager der Schraube S ohne Ende sind dann nahe der Platte so befestigt, dass die Schraube ohne Ende mit ihrem Gewinde g zwischen den Lagern in die Zähne des Ansatzes eingreifen kann. Dreht man nun die Schraube, so wird der Platte eine Bewegung in dem vorgeschriebenen Kreise verliehen, welche um so genauer ist, je enger die Gewinde in die Zähne eingreifen und je niedriger die Gewindehöhen sind.

Soll sich eine Hülse h fein um einen Zapfen z drehen, so ist häufig die Hülse mit einer gezahnten ringförmigen Ver-

stärkung versehen [oder aber sie ist durch einen gezahnten Klemmring geklemmt]. In die Zähne greifen die Gewinde einer Schraube ohne Ende ein. Diese befindet sich in einem Kästchen *k* vernietet, welches fest am Zapfen oder seiner Basis *b* angebracht ist, unter Umständen auch wohl mittelst Feder oder Schraube *s'* der Zahnung der Ringes entgegengeführt oder entzogen wird. Fig. 33. 34. [Die linke Hälfte von Fig. 33 zeigt die Einrichtung von aussen, die rechte im Durchschnitt.]

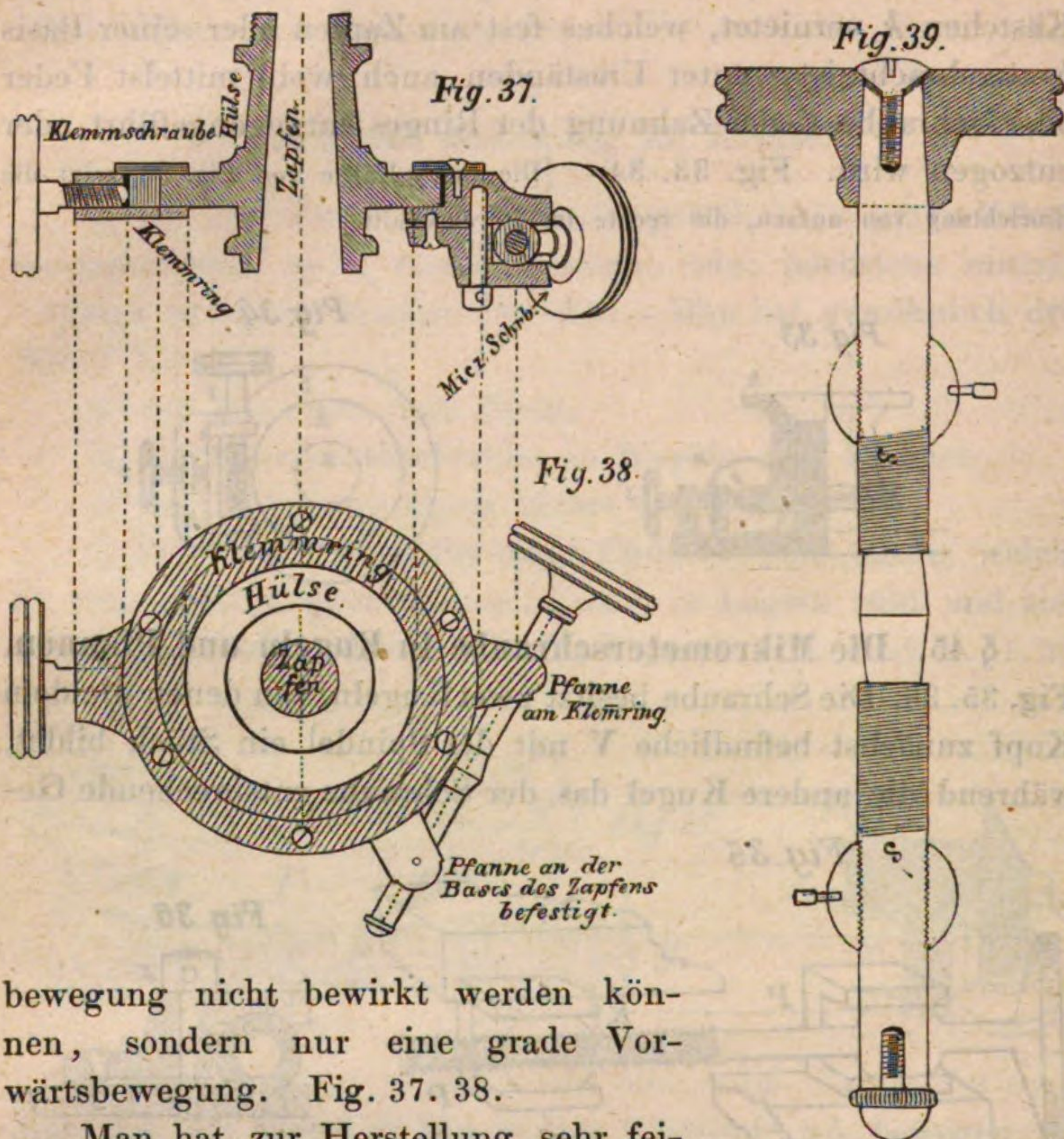


§ 45. Die Mikrometerschraube in Kugeln und Pfannen.
Fig. 35. 36. Die Schraube besitzt zwei Kugeln, von denen die dem Kopf zunächst befindliche *V* mit der Spindel ein Stück bildet, während die andere Kugel das der Schraube entsprechende Ge-



winde enthält. Diese Kugel ist nach hinten aufgeschnitten, um Pfannen und Kugel zur Regulirung des Ganges mittelst der Schraube *x* zusammenpressen zu können. Damit diese Kugelmutter beim Umdrehen der Schraube sich nicht mit herumdrehe, ist ein kleines Zäpfchen *a* eingeschraubt, welches in der Platte *P* etwas Spielraum in der Richtung der Mikrometerschraube haben muss. Dreht man nunmehr die Schraube um ihre Längsaxe, so wird das Gewinde die Kugel mit dem Muttergewinde vor-, resp. zurückdrücken, mit der Kugel zu-

gleich die Pfanne und die zu drehende Platte. Wären die Kugeln nicht drehbar in den Pfannen, so würde eine Kreis-



bewegung nicht bewirkt werden können, sondern nur eine grade Vorwärtsbewegung. Fig. 37. 38.

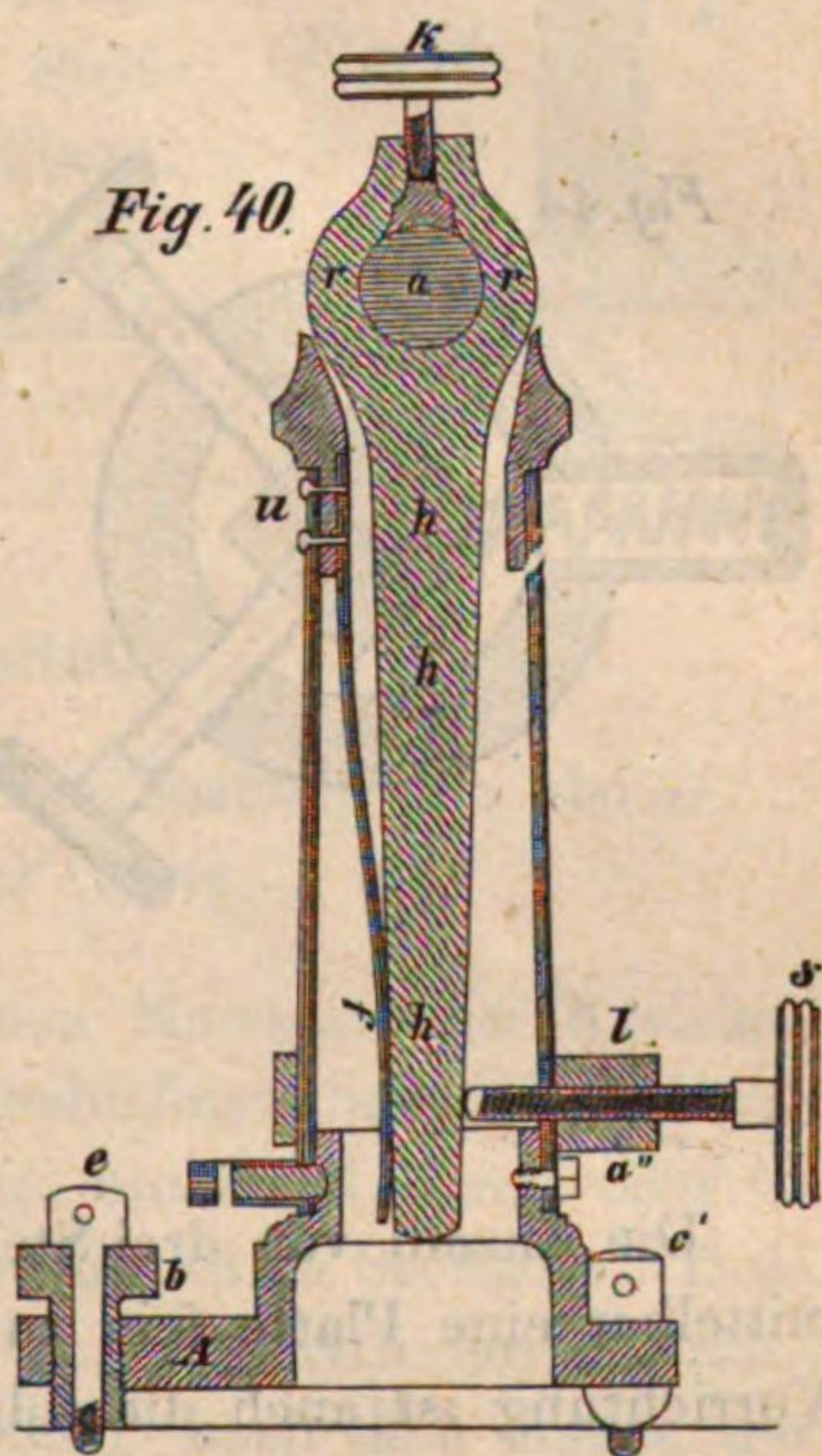
Man hat zur Herstellung sehr feiner Bewegungen Differential-Mikrometerschrauben construiert. Diese haben statt des hinteren glatten Theils einen schraubenförmigen s , dessen Gewindehöhe aber verschieden ist von dem vordern gewundenen s' , und für welchen die hintere Kugel das Muttergewinde enthält. Hierdurch wird für jede Umdrehung der Schraube eine Vorwärtsbewegung erzielt, welche gleich der Differenz der beiden Gewindehöhen ist, $s' - s$. Die Bewegung wäre $= 0$, wenn die beiden Gewinde einander gleich wären. Fig. 39.

Während demnach die Schraube ohne Ende stets tangen-

tial an der zu bewegenden Peripherie anliegt und wirkt, hat die Mikrometerschraube in Kugeln eine sehnenförmige Lage zu der Kreisbewegung der vordern Kugel, und zwar ändert diese Sehne bei jeder Umdrehung ihre Lage und Länge, so lange bis die Länge der Gewinde gänzlich erschöpft ist.

§ 46. c) **Hebel und Schraube.**

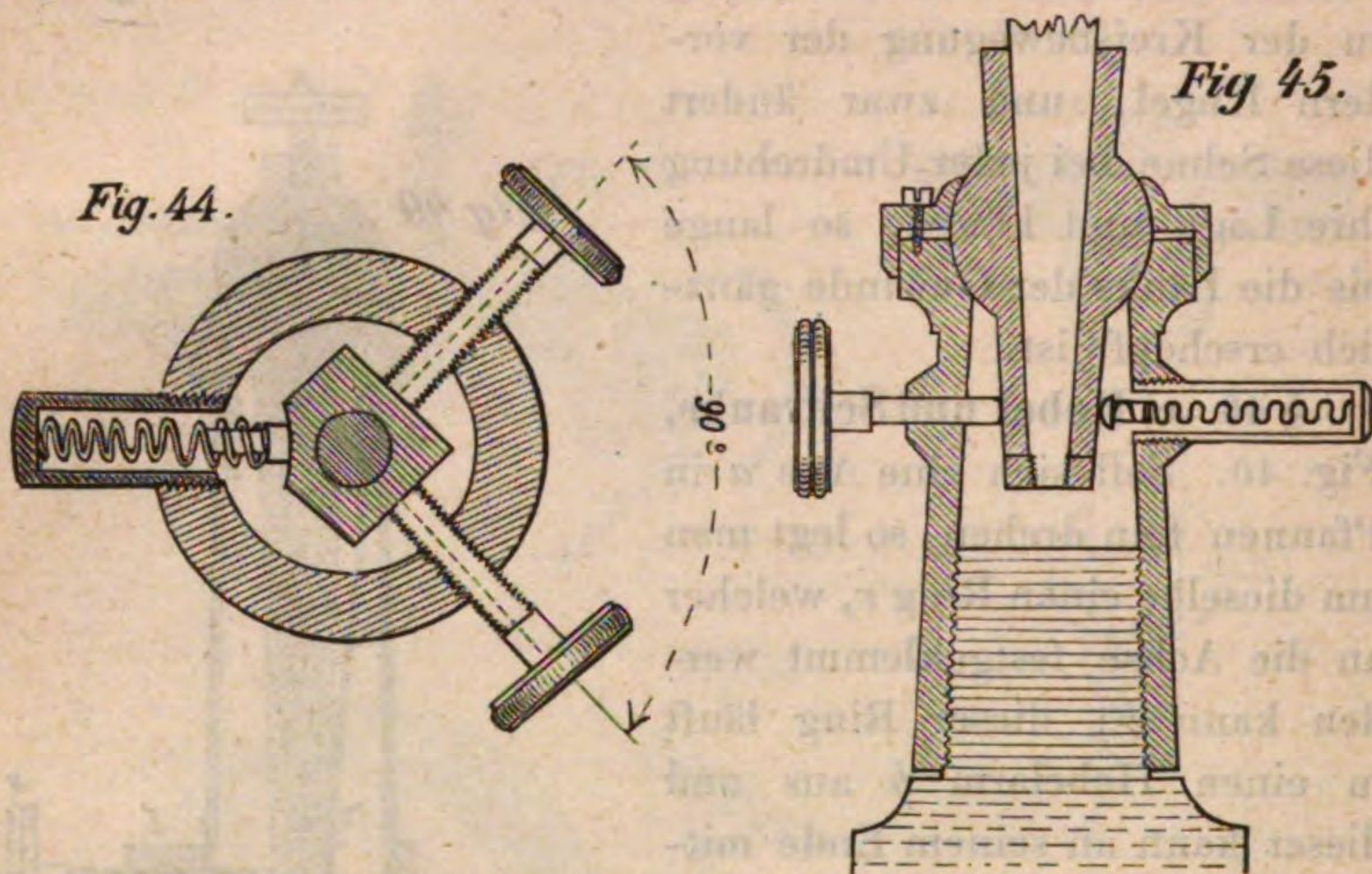
Fig. 40. Soll sich eine Axe a in Pfannen fein drehen, so legt man um dieselbe einen Ring r , welcher an die Achse festgeklemmt werden kann k ; dieser Ring läuft in einen Hebelarm h aus und dieser kann an seinem Ende mittelst einer in festem Lager l ruhenden Schraube s vor- und rückwärts (pendelförmig) gedrückt werden. Als Gegendruck für die Schraube dient eine auf der entgegenstehenden Seite an fester



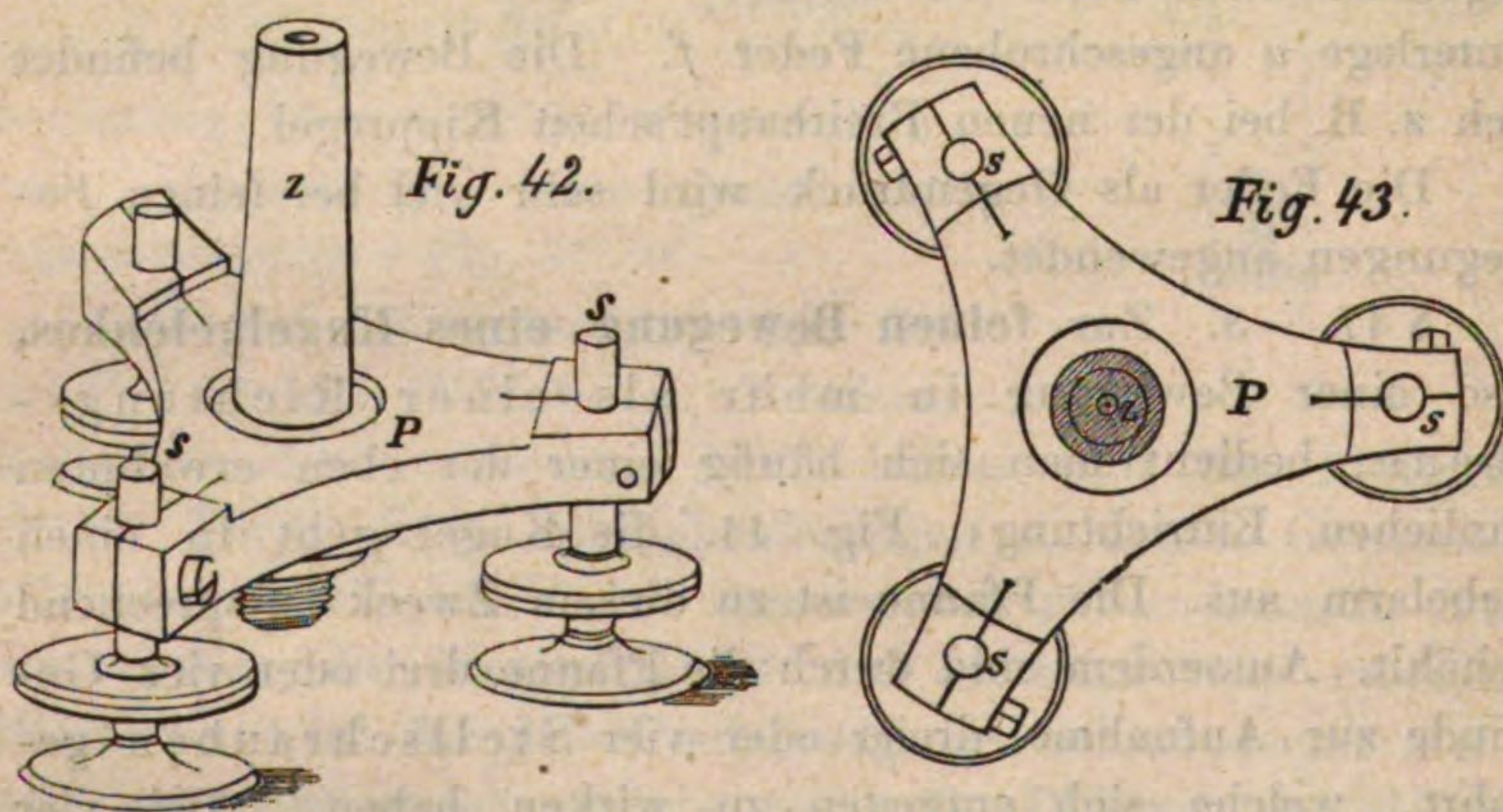
Unterlage u angeschrobene Feder f . (Die Bewegung befindet sich z. B. bei der neuen Breithaupt'schen Kippregel.)

Die Feder als Gegendruck wird sehr viel bei feinen Bewegungen angewendet.

§ 47. 3. **Zur feinen Bewegung eines Kugelgelenkes,** also einer Bewegung in mehr als einer Richtungsebene, bedient man sich häufig einer der eben erwähnten ähnlichen Einrichtung: Fig. 44. die Kugel geht in einen Hebelarm aus. Die Pfanne ist zu diesem Zweck entsprechend gehöhlt. Ausserdem sind durch die Pfanne drei oder vier Gewinde zur Aufnahme dreier oder vier Stellschrauben gebohrt, welche sich entgegen zu wirken haben. Bei vier Stellschrauben können auch zwei durch eine kurze Spiralfeder ersetzt werden (Breithaupt'sche Nuss). Fig. 45. Der Hebel ist am besten prismatisch gestaltet.



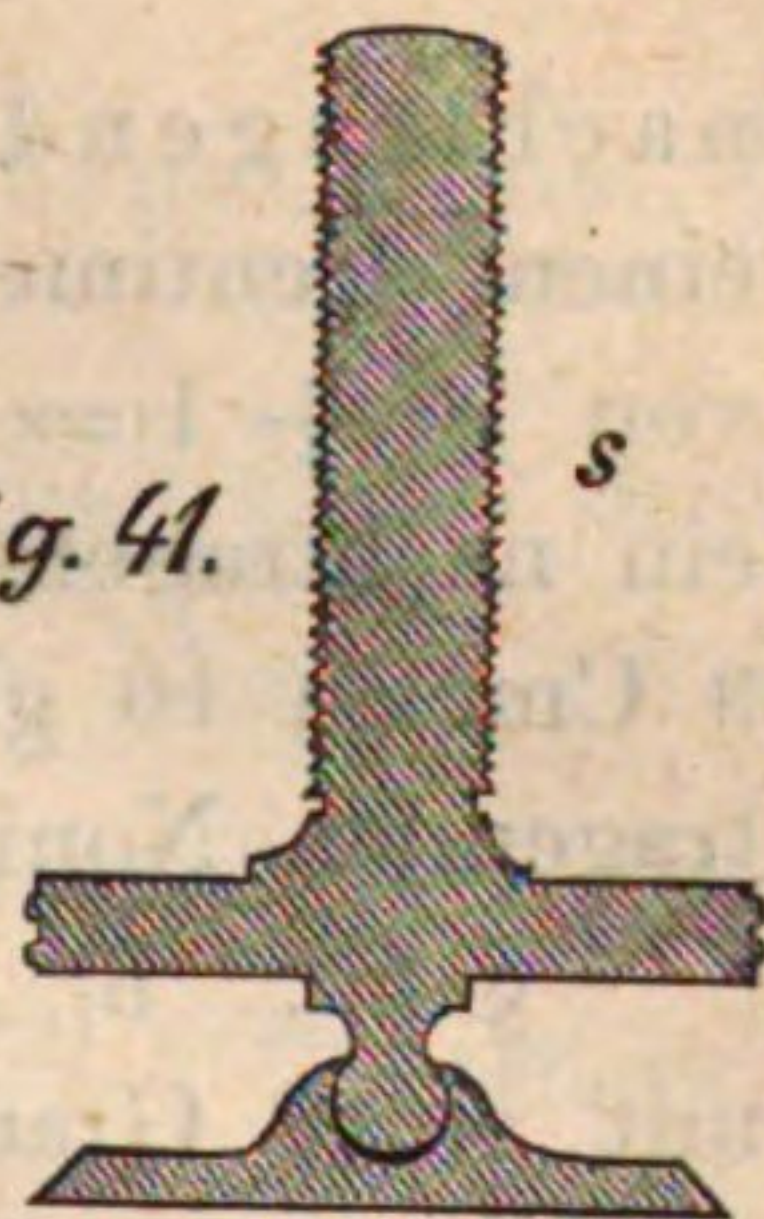
Die Anzahl von drei Stellschrauben genügt auch, um unmittelbar eine Platte fein zu bewegen. Eine hierzu geeignete Vorrichtung ist auch die folgende: Fig. 42. 43.



Der Zapfen *Z* soll nach allen Richtungen fein gestellt werden. Hierzu ruht der Zapfen auf einer Platte *P*, durch

welche statt der Füße drei Stellschrauben gesteckt sind. Die Stellschrauben selbst sind in Kugelgelenken drehbar. Fig. 41. Durch Anziehen einer Stellschraube wird an deren Seite die Platte, also auch der Zapfen entsprechend gesenkt oder gehoben. (Siehe Breithaupt'schen Messtisch.)

Fig. 41.



Fünftes Kapitel.

Vorrichtungen an Messinstrumenten zum Ermitteln sehr kleiner Längen und Winkel (Bogen).

§ 48. Es ist sehr schwer, einen Massstab oder Kreisbogen so fein zu theilen, als das Bedürfniss beim Messen erheischt, z. B. in zehntel Millimeter, hundertel Mm., oder in Bogen von 1 zu 1 Minute, oder von 20 zu 20 Secunden. Deshalb wendet man eine Vorrichtung an, die nach ihrem Erfinder Nonius (1492) heisst (oder Werner, nach dem ersten, der ihn in Deutschland 1631 bekannt machte).

Der Nonius ist eine solche Vorrichtung an einem Massstabe oder Kreisbogen, mittelst deren man im Stande ist, kleinere Theile abzulesen, als die Eintheilung direct zulässt. An einem Massstabe oder Kreisbogen (Limbus) ist, eng an seine Eintheilung sich anlegend, ein anderer kleiner Massstab oder Kreisbogen nach rechts und links verschiebbar, welcher eine etwas von der Massstabeintheilung verschiedene Theilung zeigt. Durch das Zusammenhalten und Beobachten beider Eintheilungen wird der Zweck der feinen Messung erreicht.

§ 49. a) Einrichtung der Noniustheilung bei einem gradlinigen Massstab.

Auf dem beweglichen Schieber (an einem Massstabe) ist die Länge von $n + 1$ oder $n - 1$ kleinsten Massstabtheilen aufgetragen und in n gleiche Theile getheilt; man nennt je nach der Eintheilungsformel $\frac{n+1}{n}$ oder $\frac{n-1}{n}$ den Nonius einen

nachtragenden oder vortragenden Nonius; z. B. an einem Centimetermassstab sei auf dem Schieber die Länge von $10 + 1 = 11$ Cm. in 10 gleiche Theile getheilt, so ist das ein nachtragender Nonius. Ist aber die Länge von $10 - 1 = 9$ Cm. in 10 gleiche Theile getheilt, so haben wir einen vortragenden Nonius.

§ 50. b) Bei einem Kreis-Nonius, der an einem mit einer Gradeintheilung versehenen Limbus beweglich ist, seien $30 + 1$ Grade in 30 Bogentheile getheilt, so ist dies ein nachtragender Nonius $\left(\frac{n+1}{n}\right)$; sind $30 - 1 = 29$ Grad in 30 Theile getheilt, so haben wir einen vortragenden $\left(\frac{n-1}{n}\right)$.

§ 51. Es ergibt sich hieraus

1. für den vortragenden Nonius:

Sind $n - 1$ Masstheile in n Theile getheilt, so ist ein Noniustheil $t = \frac{n-1}{n}$ Massstabtheile a , also $t = \frac{n-1}{n} \cdot a$, z. B. 9 Cm. auf dem Nonius in 10 Theile getheilt, so ist $t = \frac{10-1}{10} \cdot 1 \text{ Cm.} = 0,9 \text{ Cm.}$, oder: 29° auf dem Nonius in 30 Theile getheilt, giebt $t = \frac{30-1}{30} a = \frac{30-1}{30} 1^\circ = \frac{29^\circ}{30}$.

2. Für den nachtragenden Nonius:

Sind $n + 1$ Massstabtheile in n Theile getheilt, so ist $t = \frac{n+1}{n} a$.

Z. B. 11 Cm. auf dem Nonius in 10 gleiche Theile getheilt, so ist $t = \frac{10+1}{10} a = \frac{10+1}{10} 1 \text{ Cm.} = \frac{11 \text{ Cm.}}{10} = 1,1 \text{ Cm.}$

§ 52. Wie viel ist also ein Noniustheil kleiner oder grösser als ein Massstabtheil?

$$\text{ad 1. Es ist } t = \frac{n-1}{n} a = \frac{na - a}{n} = \frac{na}{n} - \frac{a}{n},$$

$$t = a - \frac{a}{n}.$$

Mithin ist beim vortragenden Nonius t um $\frac{a}{n}$ kleiner als a .

ad 2. Beim nachtragenden Nonius ist

$$t = \frac{n+1}{n} a = \frac{na + a}{n} = \frac{na}{n} + \frac{a}{n},$$

$$t = a + \frac{a}{n}.$$

Mithin ist beim nachtragenden Nonius t um $\frac{a}{n}$ grösser als a .

Den Unterschied $\frac{a}{n}$ zwischen dem Noniustheil t und dem Massstabtheil a nennt man die Angabe des Nonius. Bei einem Nonius, der nach der Formel $\frac{10 \pm 1}{10}$ getheilt ist, beträgt die Angabe $\frac{1}{10}$. Ist ein Nonius in $\frac{30 \pm 1}{30}$ Grad getheilt, so ist seine Angabe $= \frac{1}{30}$ Grad $= 2$ Minuten.

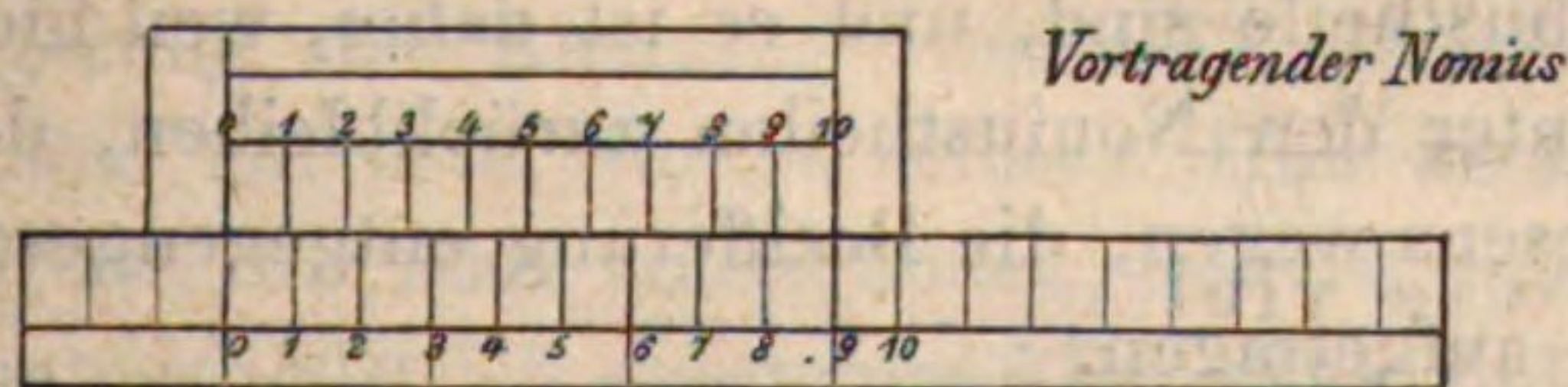
Zum Gebrauch des Nonius.

§ 53. Um die Seitwärtsbewegung des Schiebers an dem Massstab oder dem Gradbogen (Limbus) entlang zu erkennen, dazu dient der Nullstrich des Nonius (Zeiger, Index).

Es steht aber nach solcher Bewegung der Index nicht immer genau auf einem Massstab- (Limbus-) Theilstrich, sondern meistens zwischen zwei solchen Strichen. (14, 15.) Man will nun mit Hülfe des Nonius genau erkennen, um welche Grösse der Index sich über einen Limbustheilstrich (14) hinaus bewegt hat. Dies ermitteln heisst: den Nonius lesen.

Wir wissen ad 1, beim vortragenden Nonius, dass, wenn der Index auf 0 des Limbus steht, der erste Theilstrich

Fig. 46.



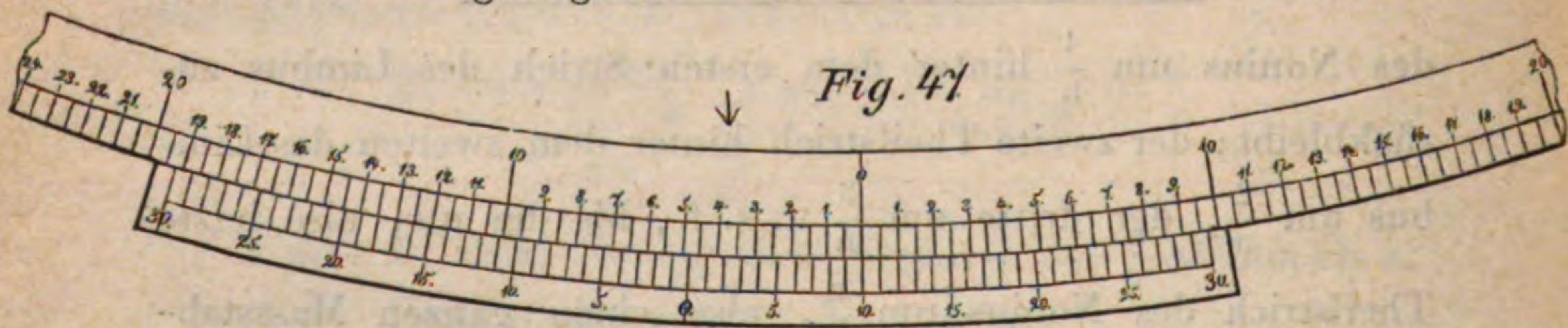
des Nonius um $\frac{1}{n}$ hinter dem ersten Strich des Limbus zurückbleibt; der zweite Theilstrich hinter dem zweiten des Limbus um $\frac{2}{n}$, der dritte um $\frac{3}{n}$ u. s. f., bis der nte, also letzte Theilstrich des Nonius um $\frac{n}{n}$, also einen ganzen Massstabtheil hinter dem nten des Limbus zurückbleibt (oder der nte Theilstrich des Nonius fällt, wie die Formel angiebt, mit dem $[n - 1]$ ten des Limbus zusammen).

Die Noniusstriche sind beim vortragenden Nonius vom Index aus gleichlaufend mit der Limbuseintheilung beziffert. Die Ziffern geben das Mittel zum schnellen Lesen des Nonius. Schiebt man nämlich den Index über irgend einen Limbusstrich hinaus, so werden bei dem vortragenden Nonius die Theilstriche sich immer um je $\frac{1}{n}$ mehr den vorausgehenden Limbusstrichen nähern, so lange bis etwa ein Theilstrich des Nonius mit einem Limbusstrich zusammenfällt.

Hieraus folgt:

§ 54. Die Ziffer des letztgedachten Noniusstrichs giebt an: Um so viel Theile steht der Index über den nächstliegenden Limbusstrich (14) hinaus. Denn: fällt z. B. der Noniusstrich 5 mit irgend einem Limbusstrich 6 zusammen, so steht der Noniusstrich 4 um $\frac{1}{n}$ von dem nächsten nach dem 0 Punkt zu gelegenen Limbustheilstrich ab, der Theilstrich 3 um $\frac{2}{n}$, der Noniusstrich 2 um $\frac{3}{n}$, der Noniusstrich 1 um $\frac{4}{n}$, also endlich der Noniusstrich 0, d. h. Index um $\frac{5}{n}$ Limbustheil ab. Die Bewegung über den Strich (14) hinaus betrug also $\frac{5}{n}$ a. (= $\frac{5}{n}$ Angabe.)

ad 2. Bei dem nachtragenden Nonius ist das Verhältniss nur insofern ein anderes, als die Noniustheile grösser, als die Limbustheile sind, und es ist daher, weil hier die Limbustheile hinter den Noniustheilen zurückbleiben, des directen schnellen Lesens wegen, die Bezifferung entgegengesetzt zu der des Limbus aufgetragen.



Vortragender Kreis-(Doppel)Nonius auf $40^{\circ} 47'$ gestellt *).

*) In der Figur müssen correcterweise auch der Strich 13 rechts des Index mit einem Noniusstrich zusammenfallen.

§ 55. Es giebt noch sogenannte Doppelnonien. Fig. 47. Dieses sind solche, die vom Index aus nach zwei Seiten mit der Eintheilung versehen sind. Ihre Anwendung finden sie bei allen Kreisbögen, die von 0 aus nach zwei Seiten eingetheilt sind.

Bei den meisten Winkelinstrumenten (z. B. der Kippregel, dem Sextanten etc.) bewegt sich an einem Limbus ein Doppelnonius. Der Limbus hat z. B. eine Eintheilung nach rechts und links in halbe Grade. Der Nonius ist ein vortragender und ist in 30 Theile getheilt, giebt also 1 Minute an. Bei der Bewegung des Index nach rechts und links hin wird durch ein + oder — Zeichen am Limbus angedeutet, wohin der Winkel gerichtet ist, und man wendet dann die entsprechende Seite der Noniuseintheilung zum Ablesen an. (Fig. 47.)

§ 56. Die Ablesung des Nonius bei dem gebräuchlicheren vortragenden Nonius ist folgende: Man geht vom 0 Punkt des Limbus auf dem Limbus entlang bis zu dem letzten Theilstrich des Limbus, der unmittelbar vor dem Noniusindex steht. Hierdurch erhält man die Ablesung in Limbustheilen. Wäre der Limbus in $\frac{1}{2}$ Grade getheilt, so hätte man also hierdurch:

n halbe Grade.

Dann muss noch das Stück in Minuten abgesehen werden, um welches der Noniusindex von dem eben erwähnten letzten Theilstrich des Limbus absteht. Diese Ablesung geschieht in der Verlängerung der Richtung vom Limbusindex zum Noniusindex, aber auf dem Nonius selbst. Hier beobachtet man die Theilstriche, bis man einen findet, welcher mit einem beliebigen Limbustheilstrich zusammenfällt. Die Ziffer des Noniustheilstrichs giebt nun an, der wievielte Strich dies vom Noniusindex aus ist. Wäre nun die Angabe des Nonius $= \frac{30 - 1}{30}$ halbe Grade = 1 Minute, und der mte Theilstrich des Nonius wäre der eben beobachtete, so hätten wir im Ganzen

n halbe Grade + m Minuten
abgelesen.

§ 57. Bei feineren Instrumenten reicht das Auge nicht mehr aus zum genauen Lesen des Nonius. Man ge-

braucht dann Lupe und selbst Mikroskop. Vielfach sind die Nonien noch gegen die blendende Einwirkung der Lichtstrahlen durch kleine Schirmrähmchen geschützt.

§ 58. Es kann vorkommen, dass für die Able-
sung kein einziger Noniusstrich mit einem Limbus-
strich zusammenfällt.

Bei einem vortragenden Nonius beispielsweise werden dann zwei nächste Noniustheilstriche zwischen zwei nächsten Limbusstrichen liegen. Es fragt sich dann, welcher der beiden Noniusstriche näher an einem Limbusstrich liegt. Ist z. B. der Nonius in $\frac{10-1}{10}$ Cm. getheilt und die beiden von zwei Limbusstrichen d und e eingeschlossenen Noniusstriche wären die 7 und 8, von welchen 8 am nächsten an einem der Limbusstriche läge, so würde man folgendermassen betrachten: 8 liegt näher an f wie 7 an e, also zeigt der Nonius eher $\frac{8}{10}$ Cm., als $\frac{7}{10}$, und zwar wenn die Entfernung des 7 von e zu der des 8 von f sich z. B. verhielte wie 4 zu 6, so könnten wir sagen: der Nonius zeigt $\frac{7,6}{10}$ Cm. oder 0,76 Cm. Wäre z. B. 7 von e und 8 von f gleich weit entfernt, so wäre die Chance des Index für eine Bewegung nach 7 oder 8 dieselbe, also stände er auf der Hälfte zwischen $\frac{7}{10}$ oder $\frac{8}{10}$ Cm., er zeigte mithin 0,75 Cm.

§ 59. Es kann vorkommen, dass die Genauig-
keit des Nonius allein nicht ausreicht; dann greift
man zu einer entsprechenden Vorrichtung an der Mikro-
meterschraube selbst, indem man nämlich den Kopf der
Schraube zu einer Trommel vergrössert, diese noch besonders
auf der peripherischen Fläche eintheilt und diese Fläche bei
der Drehung der Schraube an einem festen Index vorbeipassi-
ren lässt.

Z. B. man kennt für die feine Bewegung eines Stangen-
zirkels die Höhe eines Gewindetheiles der Schraube, sei die-
selbe $= \frac{1}{5}$ Mm. Diese Grösse sei auch gleichzeitig die Angabe

des Nonius. Man will aber $\frac{1}{50}$ Mm. noch ermitteln. Dann weiss man: wenn der Schraubenkopf um ein Zehntel seiner Peripherie gedreht wird, so macht der von der Schraube hin und her gezogene Schieber eine Längenbewegung von $\frac{1}{10}$ Gewintheilhöhe, also von $\frac{1}{50}$ Mm. Es ist auf dem Ständer des zweiten Schiebers ein Plättchen mit Index befestigt und mittelst dieses werden die Zehnteldrehungen der Trommel der Schraube controllirt.

Sechstes Kapitel.

Optische Elemente.

§ 60. 1. Der Weg eines Lichtstrahles ist die grade Richtung.

2. Trifft der Lichtstrahl die (ebene) Oberfläche einer Materie, so wird er entweder von ihr zurückgeworfen (reflektirt, gespiegelt), oder er durchdringt die Materie, oder er wird von ihr absorhirt.

3. Beim Durchgange durch die Materie erleidet der Lichtstrahl eine Ablenkung. [Diese geschieht in der Regel in einer dem Lothe zuneigenden Richtung, welches man in dem Punkte auf die Oberfläche der Materie nach dem Inneren zu da errichten kann, wo der Strahl dieselbe trifft.]

Beim Durchgange des Strahls von einer Materie zu einer andern von verschiedener Dichtigkeit geschieht dasselbe.

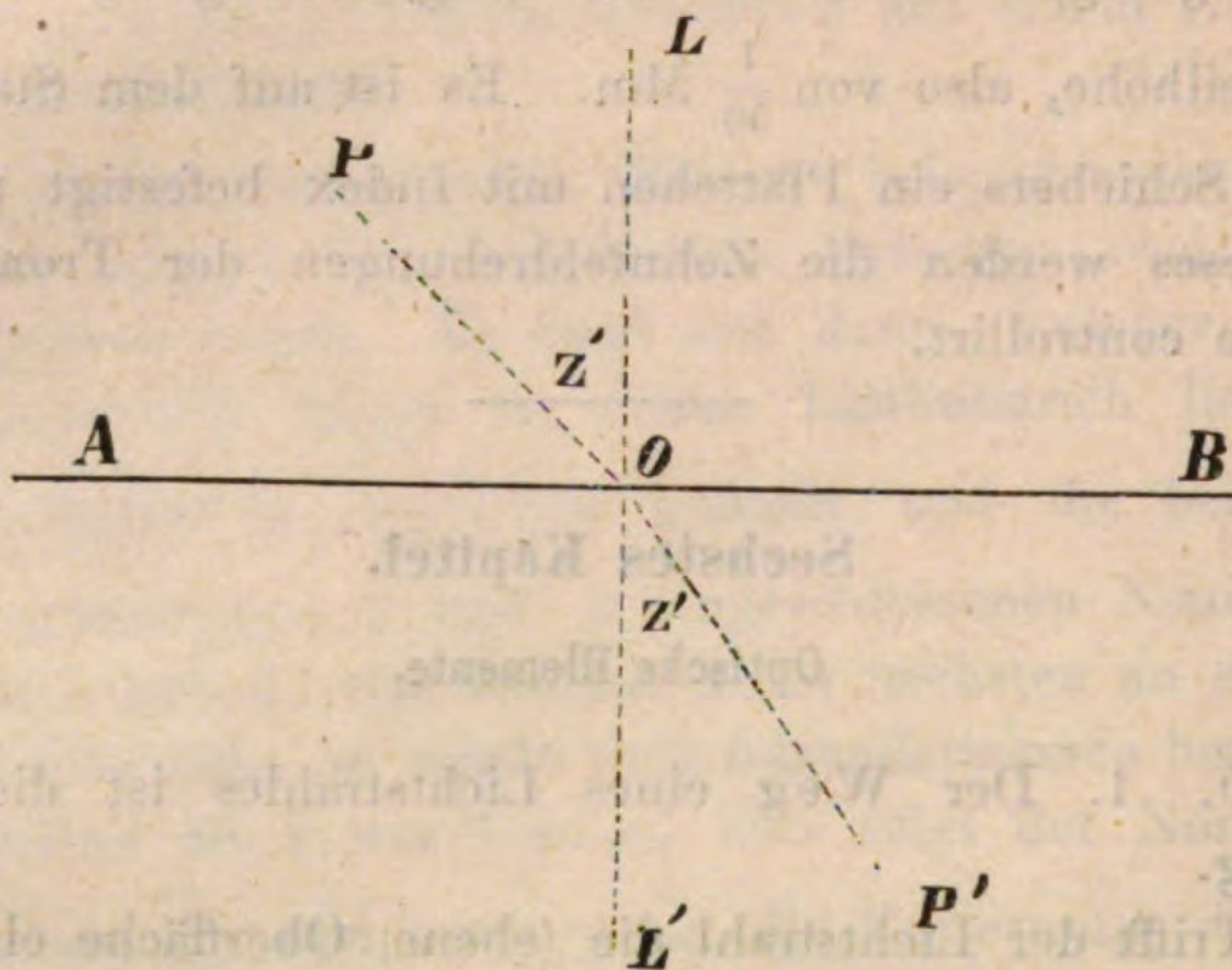
Das Mass dieser Ablenkung ist für verschiedene Materien als Brechungsgesetz auf Grund von physikalischen und astronomischen Beobachtungen gefunden, und durch die Formel

$$\sin z = n \sin z'$$

berechnenbar. Die Bedeutung derselben ist aus der Figur ersichtlich, in welcher AB die Oberfläche der Materie, resp. die Scheidungsfläche zweier Materien, LL' das Loth im Durchgangspunkt O des Strahls PO bedeutet, welcher in O nach

P gebrochen wird. Der Coefficient n ist die durch Beobachtungen berechnete Refractions- (Brechungs-) Constante. Fig. 48.

Fig. 48.



Denkt man sich daher einen Strahl von einem leuchtenden Punkte ausgehen, so wird derselbe so lange in grader Richtung fortgehen, als die Materie, durch die er dringt, dieselbe Dichtigkeit beibehält, also nicht ein neues Brechungsgesetz eintreten muss. Ist die Dichtigkeit der Materie ∞ oft wechselnd, so wird die Richtung des Strahls in einer Kurve ausgedrückt werden können, deren Krümmungen durch die Zunahme und Abnahme der Dichtigkeit vorgeschrieben werden.

4. Diese Betrachtung auf die Beobachtungen von unserer Erde aus nach dem Weltraume und auf unserer Erde selbst angewendet, führt zu folgenden Sätzen.

§ 61. Nimmt man [nach Bessel] an, dass die Atmosphäre, welche die Erde umgiebt, im Allgemeinen gleichsam in unendlich vielen Schichten nach dem Gesetz der Schwere unter constanter Dichtigkeitszunahme gelagert ist, so ergibt sich für den Gang des Lichtstrahls [z. B. von einem Stern zum Beobachtungspunkt], der mehrere dieser Schichten durchdringt, ein ebenso oft änderndes Brechungsgesetz. Der Weg gestaltet sich

daher zur Form einer Kurve, deren Neigung gegen den Horizont in den tieferen Schichten grösser wird.

Da das menschliche Auge nur den letzten Sinneseindruck zum Bewusstsein bringt, d. h. das letzte Wegstück des Strahles auffängt, so erscheinen sämtliche Punkte, die wir sehen, höher, als sie in der That sind, weil wir ihre Stellung in der Verlängerung des letzten Wegstückes des Strahls zu finden glauben. Den hieraus resultirenden Beobachtungsfehler bezeichnet man in der Geodäsie mit dem Ausdruck: die Refraction oder atmosphärische Strahlenbrechung.

§ 62. Für astronomische Beobachtungen, welche sich auf sehr weit von der Erde abgelegene Punkte beziehen, und nach welchen man unter Winkeln von mehr als 30° zum Horizont aufschaut, ist es möglich, den Winkelfehler, der durch die Refraction entsteht, zu berechnen. Man nennt diesen Theil der Refraction die astronomische Refraction.

§ 63. Für Beobachtungen zwischen zwei Punkten, die auf der Erde liegen, gilt die terrestrische Refraction der tieferen Schichten.

Liegen die beiden Punkte, Lichtpunkt und Standpunkt, in sehr verschiedenen Höhen, so lässt sich die atmosphärische Strahlenbrechung dann — ebenfalls auf Grund der Annahme constanter Dichtigkeitszunahme der Luftschichten — noch genau genug berechnen und der Fehler in Tafeln zur Correction der Beobachtung niederlegen, welche von Bessel für verschiedene Neigungswinkel der Sehlinie und Entfernungen bis auf drei Meilen noch genau gegeben sind. (Doch nicht über drei Meilen; hier wird der Fehler unberechenbar.) Für Beobachtungen, bei welchen wir dicht über die Erde hinwegzusehen haben, entzieht sich — in Folge der Veränderlichkeit der Luftdichtigkeit, die terrestrische Refraction jeder Eingrenzung in ein Gesetz. [Börsch.]

Die Refractionsconstante n in der Formel beträgt für den Durchgang eines Strahls durch die Atmosphäre, als Summe aller Brechungsmittel, gewöhnlich 0,13, so dass

$$\sin z = 0,13 \sin z'.$$

§ 64. 5. Die Betrachtung über die Brechung des Lichtstrahls findet in der Geodäsie noch eine fernere Anwendung bei der Theorie der Gläser und Spiegel, welche wir zur Herstellung von Bildern der zu beobachtenden Punkte benutzen.

Für den Durchgang des Strahls von Luft in Glas beträgt die Brechungsconstante 1,5.

Für die folgenden Betrachtungen wird die Kenntniss hiervon nunmehr vorausgesetzt und sie daher ferner nicht weiter berührt. Bei den Spiegelgesetzen (s. w. u.) werden wir auf sie wieder zurückkommen, ebenso bei den Gesetzen für das Glasprisma.

Siebentes Kapitel.

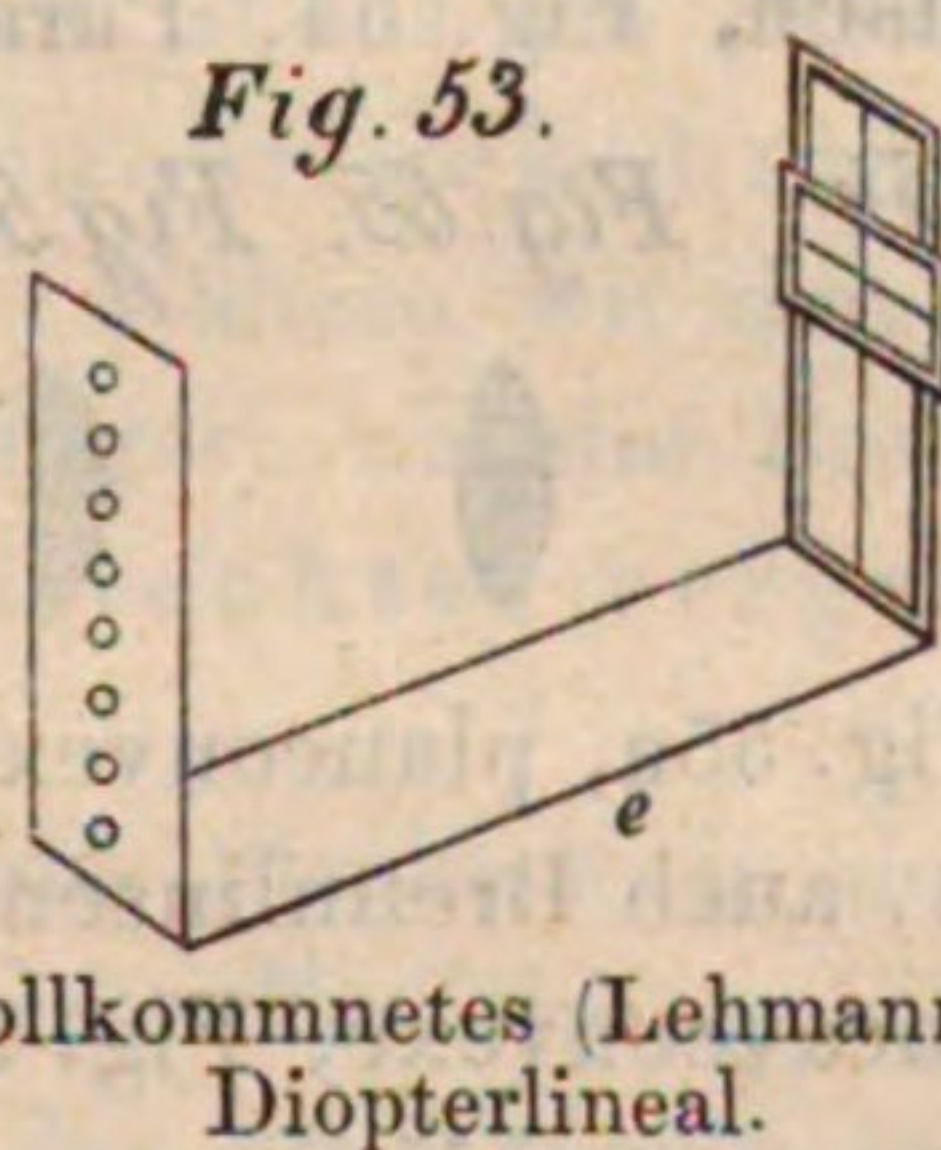
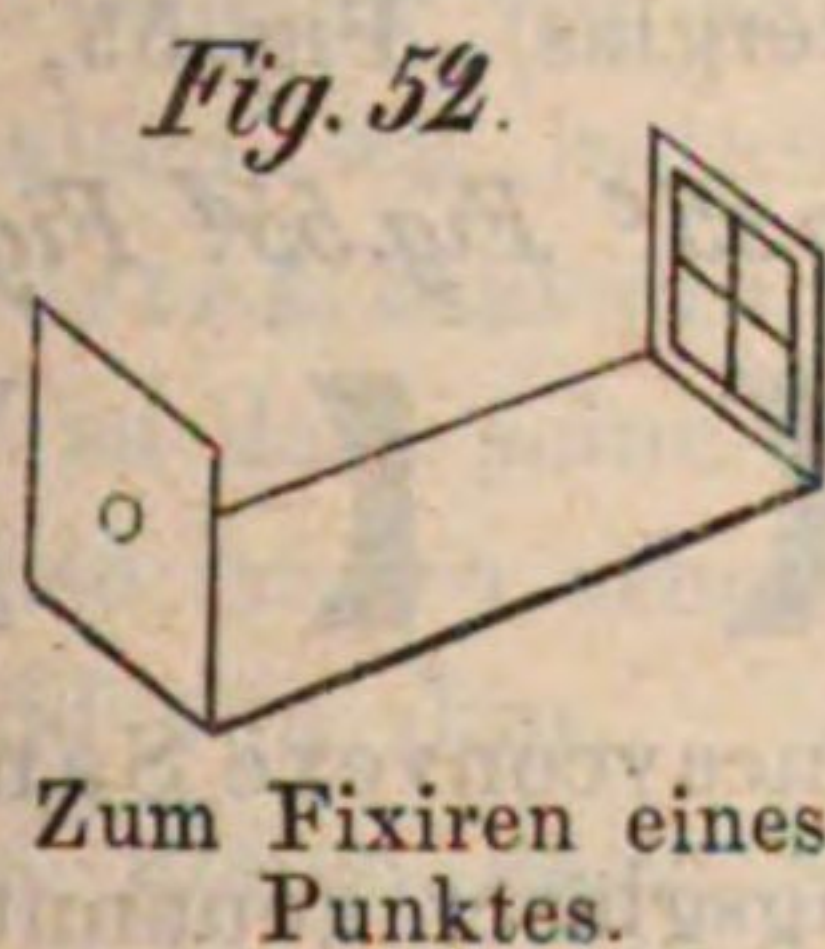
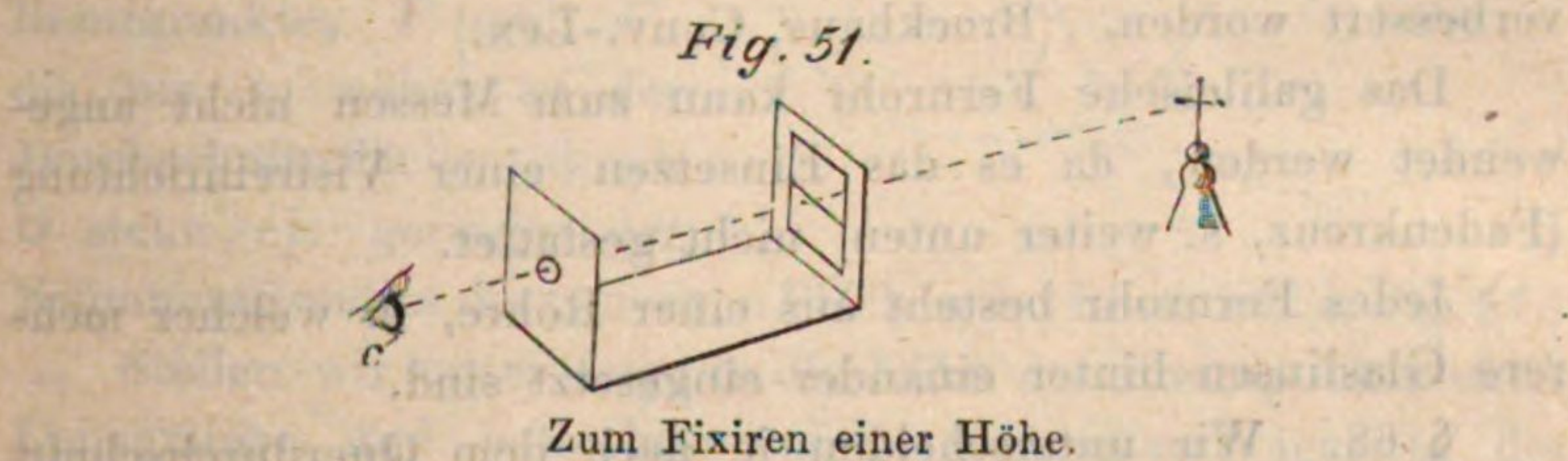
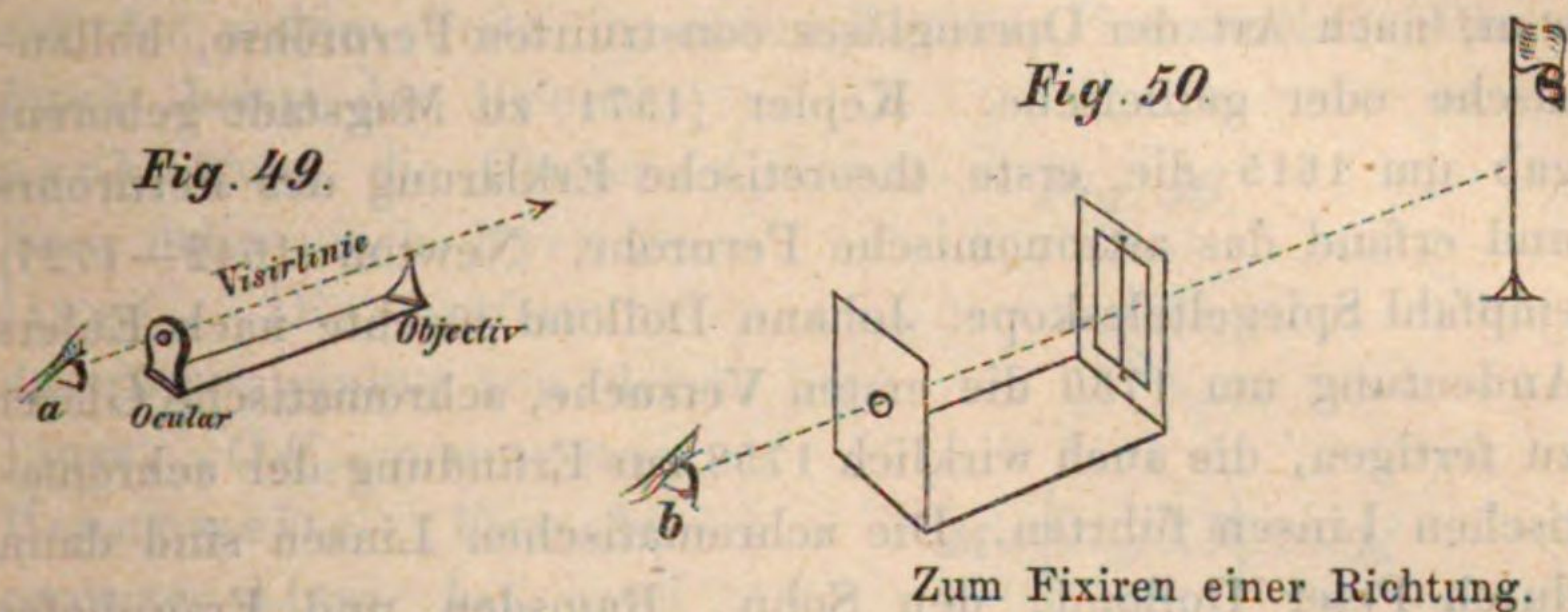
Visirvorrichtungen.

§ 65. Um die Richtung einer Linie in der Natur festzustellen, die wir uns von unserm Auge nach einem Punkt der Natur gezogen denken, bedarf es einer Einrichtung, durch welche die Linie dargestellt wird. Diese Einrichtung erfolgt an unseren Instrumenten nach dem Princip, dass zwei auf einer Basis feste Punkte gegen unser Auge so gestellt werden können, dass unser Auge, als Anfangspunkt der zu bestimmenden Richtung, den Endpunkt derselben (das Object) genau in der Verlängerung der Verbindungslinie beider Punkte sieht. Die Linie über Auge, die beiden Punkte des Instruments nach dem Object, heisst die Visirlinie, der dem Auge zugekehrte der beiden Punkte der Ocularpunkt, der dem Object zugekehrte der Objectivpunkt; das Einrichten des Instruments auf das Object das Visiren oder Fixiren.

§ 66. Die Visireinrichtungen bestehen in: Visirlöchern, Visirspalten (Dioptern), Fernröhren mit Visirkreuzen; man kann auch Spiegel und Glasprismen hierzu rechnen. —

Zum Fixiren blosser Richtungen genügen längliche Spalten und vertikale Striche oder auf Rahmen aufgezugene Haare.

Zum Fixiren von Punkten ist die Visirung über ein Ocularloch und den Schnittpunkt zweier Striche (Haare) nöthig. Zum Fixiren von Höhenpunkten ist am Objectiv eine horizontale Linie nöthig, die den Fixpunkt (scheinbar) schneiden muss.



§ 67. Vielfach ist die genaue Fixirung weit entfernter Punkte nothwendig. Dann visirt man durch Fernröhre.

Die Erfindung der Fernröhre ist als sicher im 16. oder 17. Jahrhundert anzunehmen. Die ersten Urheber sollen sein:

Jacob Metius und Zacharias Jansen.

Doch glaubt man mit grösserer Bestimmtheit, dass der Brillenmacher Hans Lippersheim aus Wesel zu Middelburg 1608 sie durch Zufall (Spiel seiner Kinder) erfunden habe. 1609 erhielt Galilei zu Venedig Kunde von der Erfindung, und wurde hierauf gleichsam der zweite Erfinder, daher heissen die ersten, nach Art der Operngläser construirten Fernröhre, holländische oder galileische. Kepler (1571 zu Magstadt geboren) gab um 1615 die erste theoretische Erklärung des Fernrohrs und erfand das astronomische Fernrohr. Newton (1642—1727) empfahl Spiegelteleskope. Johann Dollond machte nach Eulers Andeutung um 1730 die ersten Versuche, achromatische Gläser zu fertigen, die auch wirklich 1758 zur Erfindung der achromatischen Linsen führten. Die achromatischen Linsen sind dann durch Peter Dollond, den Sohn, Ramsden und Fraunhofer verbessert worden. (Brockhaus, Conv.-Lex.)

Das galileische Fernrohr kann zum Messen nicht angewendet werden, da es das Einsetzen einer Visireinrichtung (Fadenkreuz, s. weiter unten) nicht gestattet.

Jedes Fernrohr besteht aus einer Röhre, in welcher mehrere Glaslinsen hinter einander eingesetzt sind.

§ 68. Wir unterscheiden je nach dem Querschnitt der **Linsen**, Fig. 54, Parallelglas (Fensterglas), Fig. 55, bicon-

Fig. 54 Fig. 55. Fig. 55^a Fig. 55^b Fig. 55^c Fig. 55^d Fig. 55^e

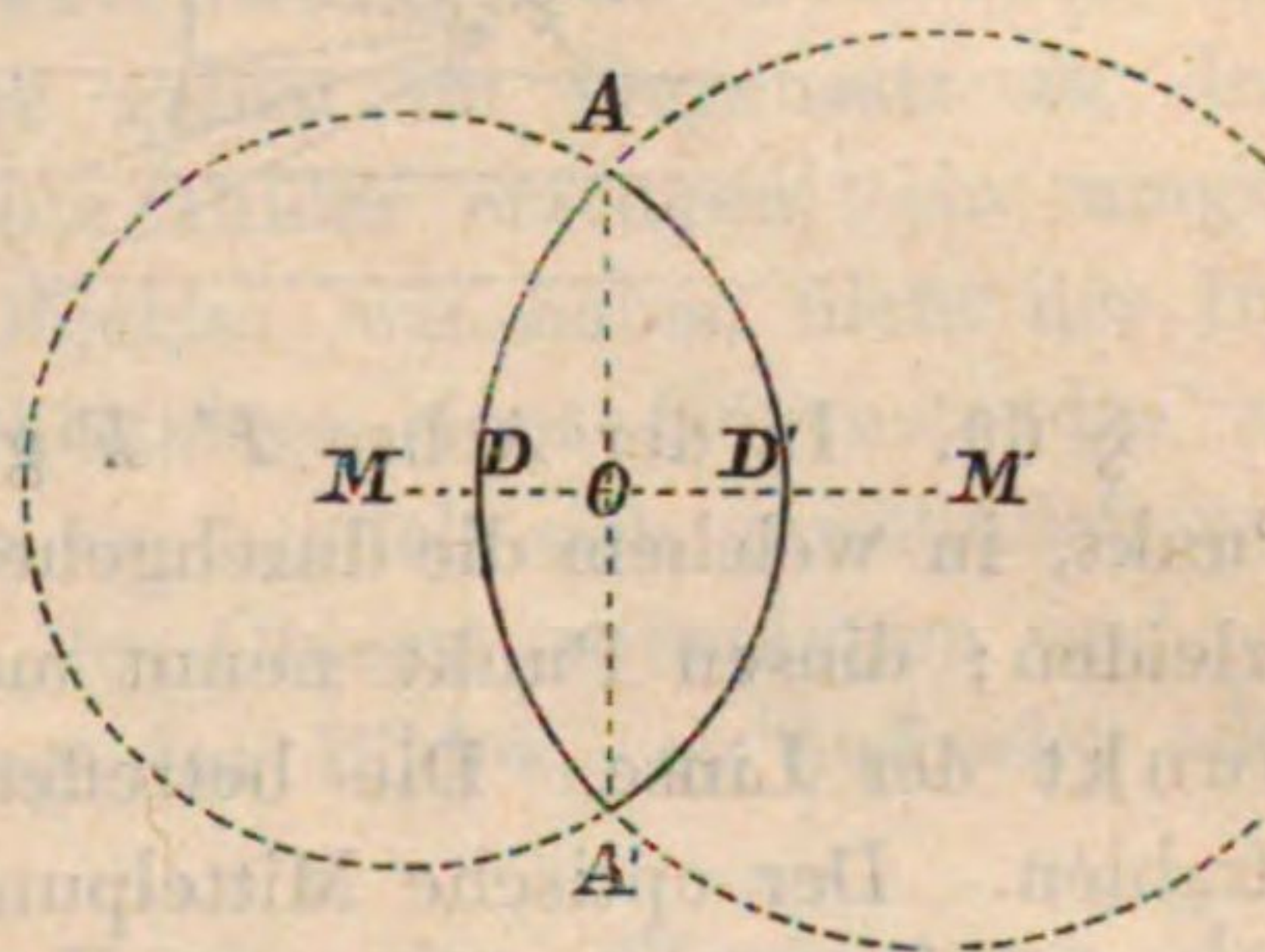


vexe, Fig. 55a, planconvexe, Fig. 55b, concavconvexe **Sammel-**linsen, auch **Brennlinsen**, **Vergrösserungsgläser** genannt. Fig. 55c, concavconvexe, Fig. 55d, planconcave, Fig. 55e, biconcave **Zerstreuungslinsen**, auch **Verkleinerungsgläser** genannt.

Der andere Durchschnitt ist meist kreisrund. Wenn AA' (Fig. 56) der Querschnitt einer ungleichmässigen convexen Linse ist und man denkt sich die beiden Bogen des Durchschnitts zu Kreisen ausgezogen, so sind M und M' die geometrischen Mittelpunkte der Linse, die Linien MM' die geometrische oder mechanische Axe der Linse, $A'O = AO$ ist Oeffnung und DD' die Dicke der Linse. (Bauernfeind.)

Denkt man sich parallele Lichtstrahlen von einem leuchtenden Object auf die Linsenfläche fallend, so werden diese Strahlen bei ihrem Durchgange durch das Glas nach Massgabe des Verhältnisses von DO zu AO mehr oder weniger stark gebrochen, und zwar bei der convexen Linse so, dass sie sich auf der andern Seite in einem Punkte F sammeln. Dieser Punkt heisst der Brennpunkt (und die Convexlinse daher auch Brennlinse). Die Entfernung des Brennpunkts von der Linse, OF , nennt man Brennweite. Eine biconvexe Linse hat zwei Brennpunkte, F und F' , die um so näher an der Durchschnittsfläche durch O stehn, je geringer der Krümmungsradius der convexen Flächen der Linse ist. (s. Fig. 57.)

Fig. 56.



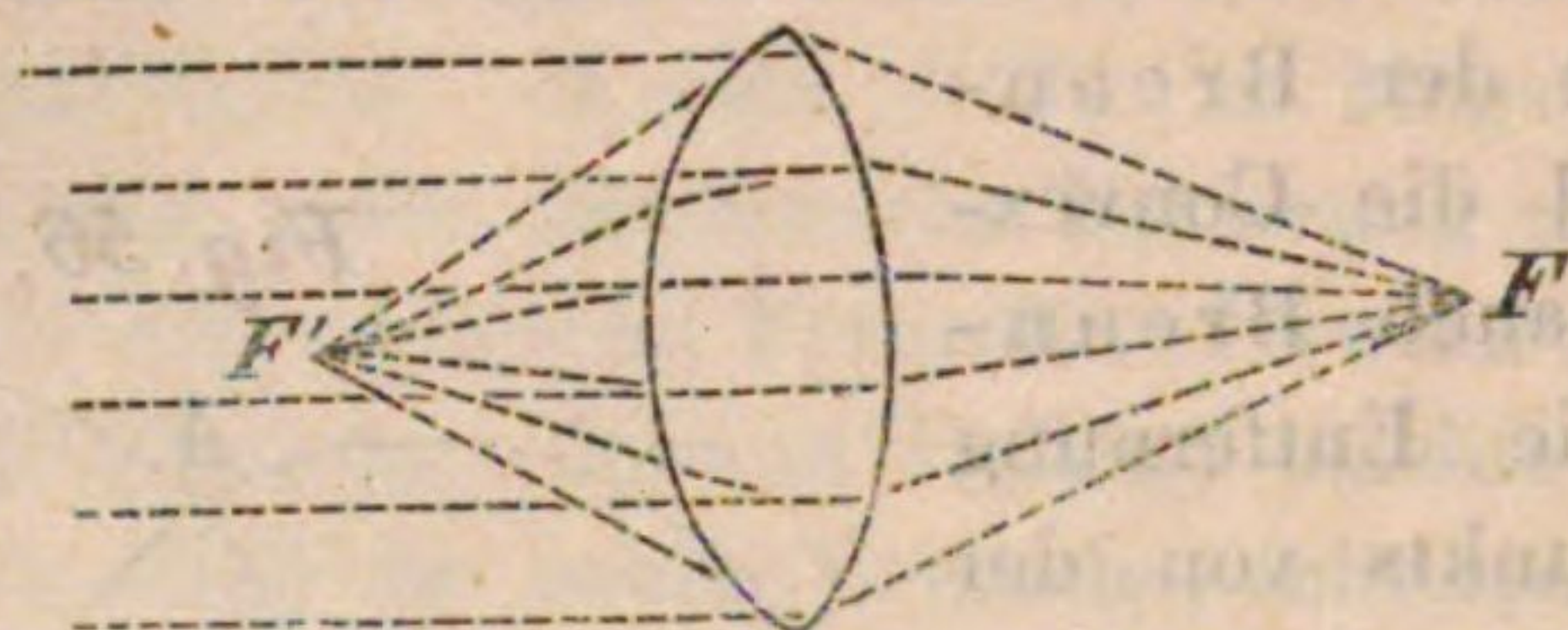
Stellen wir unser Auge in die Nähe des Brennpunkts einer Convexlinse und betrachten einen Gegenstand jenseits der Linse, welcher von ihr weiter entfernt ist als die Brennweite, so erhalten wir in unserem Auge ein umgekehrtes verkleinertes Bild des Gegenstandes. Nähern wir den Gegenstand, so dass seine Entfernung geringer, als die Brennweite der Linse ist, so erhalten wir ein aufrechtes vergrössertes Bild von ihm.

Im ersten Falle sammeln sich die Strahlen in der Nähe des Auges und erzeugen dann in kurzer Entfernung über den Sammelpunkt hinaus im Auge selbst das umgekehrte Bild deshalb, weil der Strahl, welcher von dem obersten Punkt des Gegenstands in der Natur herkommt, im Auge nun zu unterst liegt, und die andern entsprechend sich anordnen.

Im zweiten Falle sammeln sich die Lichtstrahlen des Gegenstandes nach ihrem Durchgang durch die Linse nicht, sondern gehen auseinander in Richtungen, welche, wieder nach rückwärts verlängert, sich vom Auge aus jenseits der Linse

schneiden würden und dort ein Bild des Gegenstandes erzeugen, welches aufrecht ist und grösser als dieses. Gebrauchen wir eine Sammellinse in dieser Art, so nennen wir sie eine Lupe, oder ein einfaches Mikroskop.

Fig. 57.



§ 69. In der Achse $F' F$ giebt es bei jeder Linse einen Punkt, in welchem die durchgehenden Strahlen keine Brechung erleiden; diesen Punkt nennt man den optischen Mittelpunkt der Linse. Die betreffenden Strahlen heissen Hauptstrahlen. Der optische Mittelpunkt liegt bei gleichseitig convexen Linsen in der Mitte der Linse, bei ungleichseitig convexen Linsen näher an der stärker gekrümmten Fläche, bei planconvexen Linsen im Durchschnittspunkt der Axe mit der gekrümmten Fläche. (Nach Bauernfeind.)

§ 70. Die einfachen Convexlinsen, aus einem Glasstück gearbeitet, leiden an dem Fehler, dass sie uns die Bilder der betrachteten Gegenstände mit farbigen Rändern geben, dies ist eine Folge von der Zertheilung der weissen Lichtstrahlen beim Durchgange durch die Linse in verschiedene farbige von verschiedenem Brechungsvermögen; daher die Reihenfolge der Ränder um das Bild: roth, orange, gelb, grün, blau, violett (wie das Sonnenspectrum). Diesen Fehler nennen wir chromatische Aberration oder **Farbenabweichung**.

§ 71. Ein anderer Uebelstand, wenigstens für die Betrachtung eines Gegenstandes durch die Lupe, ist die **Kugelabweichung** oder sphärische Aberration. Diese macht sich durch eine Verzerrung der Bilder je näher am Rande des Gesichtsfeldes oder je weiter vom optischen Mittelpunkt geltend, so dass dort eine grade Linie zum Bogen sich gestaltet. Eine Kugelabweichung würde nur bei ellipsoidischen oder hy-

perboloidischen Linsenflächen nicht stattfinden. Um sie zu vermeiden, lässt man in Fernröhren die Randstrahlen gar nicht zum Auge gelangen, sondern stellt zwischen Linse und Auge eine Wand mit kleinerer Oeffnung (Diaphragma), oder aber man construirt Doppellinsen aus zwei nahe aneinandergestellten Linsen (auch orthoskopische Linsen genannt).

§ 72. In der Vermessungskunst wendet man gewöhnlich dioptrische (im Gegensatz zu den katoptrischen [Spiegelteleskopen] der Astronomen) astronomische Fernröhre an. Die astronomischen Fernröhre geben im Gegensatz zu den terrestrischen (welche aufrechte Bilder erzeugen) ein umgekehrtes Bild des anvisirten Objects: wir haben nicht das Interesse, die Formen und Verhältnisse eines Gegenstandes an sich zu vergleichen, sondern es handelt sich gewöhnlich nur darum, bestimmte Punkte des Objects aufzufinden und zu fixiren; daher ist die Stellung des Bildes, ob aufrecht oder umgekehrt, gleichgültig.

§ 73. Die einfachste **Keplersche Einrichtung der Fernröhre** ist folgende:

An der Mündung einer cylindrischen Röhre (Objectiv-
röhre) von Metall ist eine biconvexe Glaslinse (Objectiv-
linse) eingeschoben, senkrecht zur Längensaxe (mechanischen Axe) der Röhre so, dass der Mittelpunkt der Linse und ihre Brennpunkte (also die optische Axe des Objectivs) in diese Längensaxe fallen.

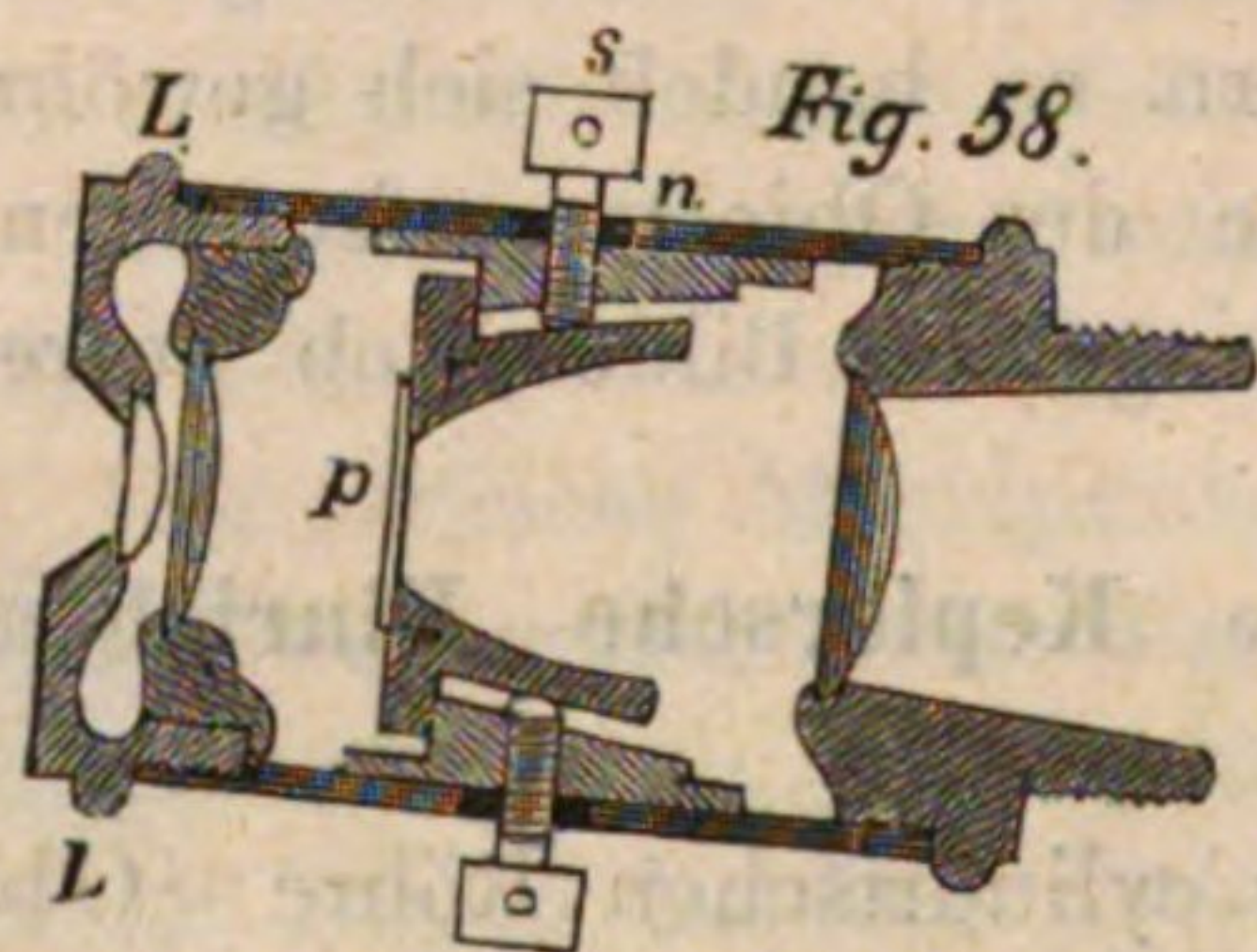
Durch die entgegengesetzte Mündung ist eine zweite kleinere verschiebbare Röhre (Ocularröhre) gesteckt, deren mechanische Axe mit der der Objectivröhre dieselbe Linie bildet. Diese Röhre trägt an ihrer Aussenmündung eine kleine biconvexe Linse (Ocularlinse), welche ihrer Stellung nach der Objectivlinse entspricht.

Die Wirkung des Fernrohrs ist folgende:

Die Lichtstrahlen eines anvisirten Objects dringen durch die Objectlinse, werden in derselben abgelenkt, gebrochen, und so erzeugt sich in der Objectivröhre, im Brennpunkt der Linse ein verkleinertes umgekehrtes Bild des Objects. Dies Bild wird durch das Ocular gleichsam wie mit einer Lupe oder Mikroskop betrachtet.

§ 74. Bei den neueren Fernröhren ist die **Objectivlinse** aus einer biconvexen Kronglaslinse und einer dieselbe berührenden planconcaven Flintglaslinse zusammengesetzt, und zwar so, dass die letztere dem Innern des Fernrohrs zugekehrt ist. Flintglas und Kronglas brechen die Lichtstrahlen in verschiedener Weise, und wird durch diese Zusammensetzung (achromatische Linse nach Fraunhofer) der Fehler der Farbenabweichung beseitigt. Es bleiben in der Regel nur die blauen oder violetten Ränder sichtbar, indessen auch nur ganz am Rande des Gesichtsfeldes.

§ 75. Auch das **Ocular**, Fig. 58, besteht bei neueren Fernröhren vielfach aus mehreren hintereinander in einer Röhre befe-



stigten Linsen. Die Zusammenstellung derselben soll eine bedeutendere Vergrößerung bei möglichster Helligkeit bewirken, sowie auch dem Mangel der Farbenabweichung mit abhelfen und ihre Zahl das Fernrohr zu einem terrestrischen oder astronomischen machen, je nachdem die Bilder im Fernrohr aufrecht oder umgekehrt erscheinen sollen. Wir unterscheiden bei astronomischen Fernröhren zwei hauptsächliche Arten von Ocularen: das Huyghens'sche und das Ramsden'sche. Beide Oculare bestehen aus zwei planconvexen Linsen, die an den Endflächen der Ocularröhre angebracht sind. Fig. 58a.

Bei ersterem sind die convexen Flächen beider Linsen nach dem Objectiv zugekehrt, während bei letzterm dieselben gegeneinander zugekehrt sind. Beim Huyghens'schen Ocular heisst die dem Objectiv nähere Linse die Collectivlinse. Die Lichtstrahlen eines Gegenstandes, welche durch das Ob-

jectivglas dringen, werden mittelst der Collectivlinse noch mehr gesammelt und dann mit der ersten Ocularlinse betrachtet.

§ 76. Neuerdings wendet man vielfach das **orthoskopische Ocular** an. Dasselbe hat den Vortheil, dass bei sehr bedeutendem Gesichtsfelde weder der Fehler der Farbenaberration, noch der Verzerrung der Bilder am Rande des Gesichtsfeldes, sphärische Abweichung sich bemerkbar macht, Fehler, mit welchen die anderen Fernröhre meist behaftet sind. — Das orthoskopische Ocular ist eine achromatische Linsenverbindung; es besteht aus einer biconvexen, dem Objectiv zunächstliegenden Linse und aus einem achromatischen Augenglase, nämlich einer biconvexen Kronglaslinse und einer, dieselbe genau berührenden, planconcaven Flintglaslinse; diese Doppellinse hat von der ersteren einen constanten Abstand, beide dienen, wie das Ramsden'sche Ocular, als Doppellupe, durch welche das erzeugte Bild betrachtet wird.

In Folge der achromatischen Zusammensetzung dieses Oculars kann man Objectivlinsen mit kürzeren Brennweiten anwenden, also kürzere, leichtere Fernröhre herstellen, z. B. ein Fernrohr, welches früher 16 Zoll lang gemacht wurde, leistet jetzt bei orthoskopischem Ocular mit 11—12" dasselbe. Man hat auch den Vortheil eines grösseren Gesichtsfeldes gegen früher, wie aus der grösseren Weite des Diaphragma's (siehe weiter unten) folgt.

§ 77. Für verschiedene Objectweiten wirkt das Objectiv auch verschieden, daher muss die Ocularröhre in der Objectivröhre mittelst Getriebes auf- und abgeschoben werden können. Auch für jedes Auge erfordert das Ocular eine besondere Stellung.

Die Fernröhre sind in der Regel in ihrem **Innern** geschwärzt. Zwischen Objectivglas und Ocular befindet sich meist ein Diaphragma (Scheidewand), eine geschwärzte runde Scheibe, senkrecht zur Längenaxe; durch ein kreisförmiges Loch derselben werden die Lichtstrahlen vom Objectiv zum Ocular hindurch gelassen. Das Loch ist so gross geschnitten, dass die Wände des Fernrohrs nicht gesehen werden können. Das Gesichtsfeld des Objectivs ist durch das Diaphragma begrenzt,

weil am äussersten Rande des Gesichtsfeldes durch die Kugel- und Farbenabweichung ohnehin eine Beobachtung und Messung nicht zulässig ist. Beim orthoskopischen Ocular darf das Loch des Diaphragma's grösser sein, als bei anderen.

Innerhalb der Röhre sind an verschiedenen Stellen ähnliche Blenden angebracht, um nachtheilige Lichtreflexe im Fernrohr zu vermeiden.

Der Punkt hinter dem Ocular, von dem aus das Auge am besten und hellsten die Gegenstände der Natur im Fernrohr zu betrachten im Stande ist, heisst der Augenpunkt. Derselbe liegt meist sehr dicht am Ocular (an dem Brennpunkt desselben).

§ 78. Die **Einrichtung der Fernröhre zum Fixiren** besteht gewöhnlich in einem Kreuz, welches durch zwei oder mehrere sich senkrecht schneidende Fäden oder Linien gebildet wird, und seine Stellung in der Ebene findet, wo das Bild des Objects erzeugt wird (in der Regel am Diaphragma).

Bei dem gewöhnlicheren Huyghens'schen Ocular liegt diese Ebene zwischen den beiden Linsen des Oculars, in *rpr.* Das Ocularglas ist hier häufig eine Doppellupe, durch welche das Bild des Objects und das Visirkreuz betrachtet wird.

Bei dem Ramsden'schen Ocular erzeugt sich das Bild des Objects vor der vordern Ocularlinse und wird durch das Ocularlinsensystem betrachtet.

Der Schnittpunkt der beiden Fäden ist der Visirpunkt; beim Visiren wird das Fernrohr so gerichtet, dass der Schnittpunkt mit dem Objectpunkt zusammenfällt, z. B. wird der Knopf eines Kirchthurmkreuzes anvisirt, so muss der Schnittpunkt der beiden Fäden in den Mittelpunkt des Knopfes fallen.

§ 79. Das Visirkreuz wird auf zweierlei Weise hergestellt: 1) durch zwei Spinnweben- oder Platinfäden, die als zwei zu einander senkrechte Durchmesser an einem Ringe aufgezogen sind; dieser ist in die Ocularröhre eingesetzt.

2) Durch ein Glasplättchen *p* (nach Breithaupt), in welches die sich schneidenden Fäden als Linien eingerissen sind, und welches in einen Ring eingesetzt, oder daran gekittet ist.

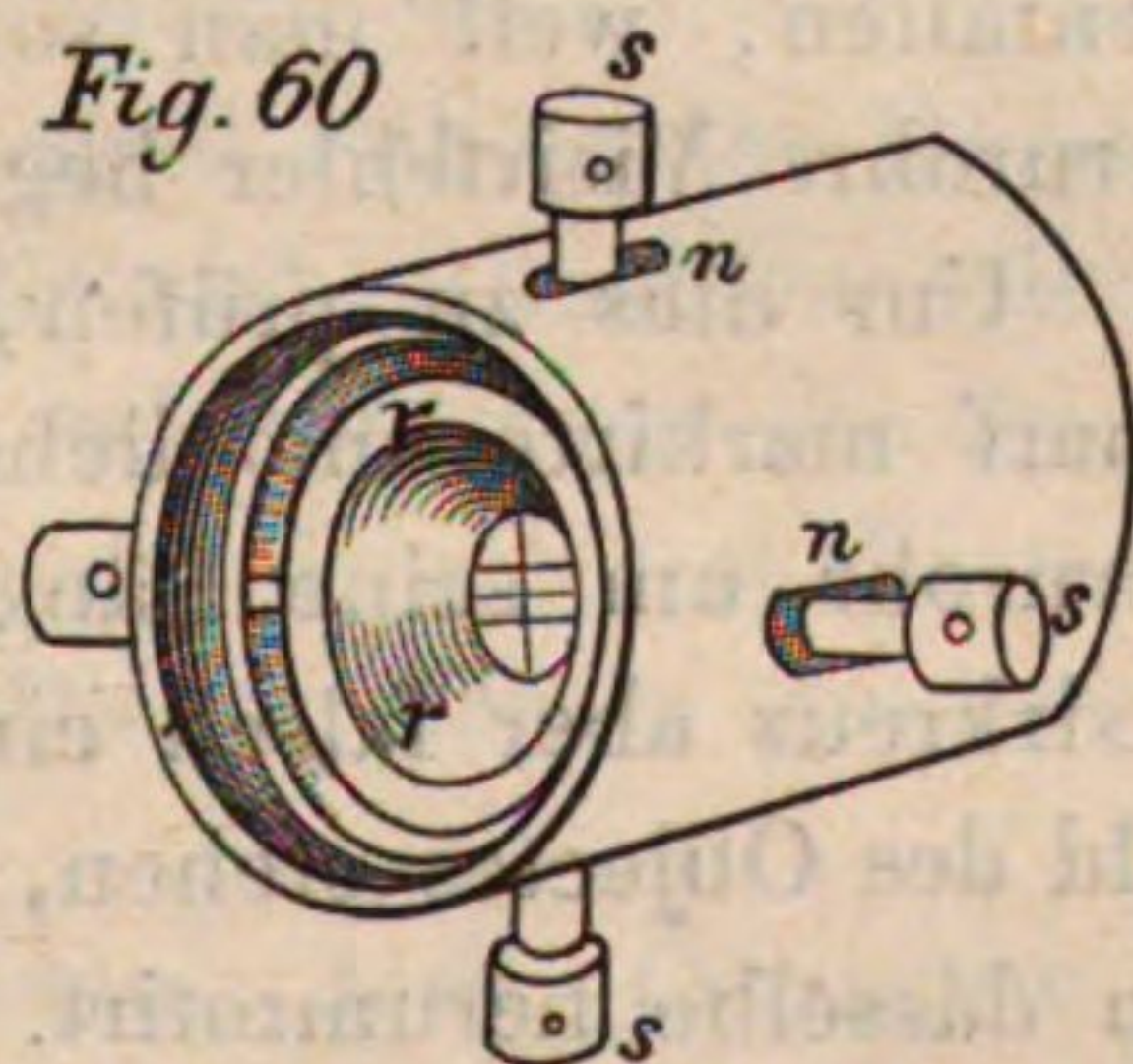
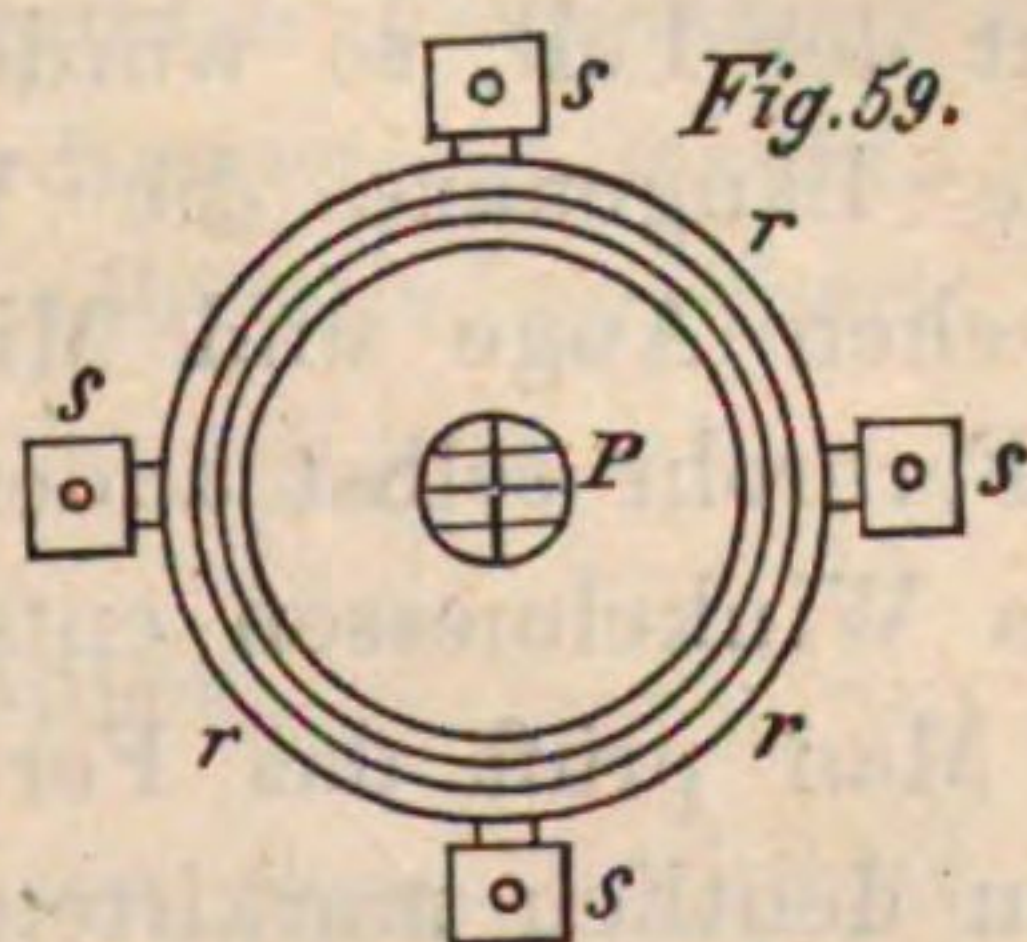
Der Ring für das Fadenkreuz kann in dem Ocularrohr auf- und abgeschoben werden. Um dieses zu ermöglichen, sind in die Wände des Ocularrohrs vier Nuthen n eingeschnitten: durch diese hindurch werden vier Schraubchen s geführt, die den Ring r des Visirkreuzes im Ocularrohr zu halten haben. Mittelst dieser vier Schrauben kann der Ring auch nach oben oder unten oder seitwärts verstellt werden. (Fig. 59. 60.)

§ 80. In Bezug auf die Construction eines brauchbaren Visirfernrohrs müssen folgende **Anforderungen** aufgestellt werden:

1) Es muss genügende Vergrößerung bei möglichst grosser Helligkeit besitzen. Den Vergrößerungscoefficienten findet man, wenn man mit einem Auge durch das Fernrohr einen Gegenstand, am besten einen eingetheilten Massstab betrachtet, während das andere Auge unbewaffnet denselben Gegenstand erfasst.

Ein mittleres Fernrohr vergrössert zehn bis fünfzehn Mal. Je bedeutender die Vergrößerung, um so geringer, besonders bei terrestrischen Fernröhren, ist die Helligkeit. Auch mit Zunahme des Gesichtsfeldes ist eine Abnahme der Helligkeit verbunden. Daher nehmen wir bei Messungen lieber mit einem geringen Gesichtsfelde und mittlerer Vergrößerung vorlieb.

Um die Helligkeit und Deutlichkeit des Bildes im Fernrohr zu prüfen, visirt man regelmässige schwarze Figuren auf weissem Grunde an. Diese müssen sich scharf markiren. Je weniger Gläser ein Fernrohr hat, desto heller ist das Bild. Schon aus diesem Grunde sind die astronomischen den terrestrischen Fernröhren vorzuziehen. Gleichzeitig prüft man an diesen Figuren auch, ob



2) das Fernrohr unverzerrte, ähnliche Bilder, ohne Farbenränder erzeuge.

3) Das Fernrohr muss in sich centrirt sein, d. h. die optische Axe der Objectivlinse muss mit der mechanischen (Längenaxe) der Objectivröhre zusammenfallen. Wäre dies nicht der Fall, so würde bei jeder Drehung des Fernrohrs um seine Längenaxe die Visirlinie (d. h. die Verbindungslinie zwischen Auge und Mittelpunkt der Objectivlinse) ihre Lage im Fernrohr selbst ändern, wodurch nothwendigerweise Fehler beim Winkelmessen entstünden.

Man prüft das Fernrohr in Bezug hierauf, indem man einen deutlich markirten Punkt scharf anvisirt, und während dessen das Fernrohr um seine Längenaxe rotiren lässt. Rotirt der Punkt hierbei auch, so ist die Objectlinse fehlerhaft eingesetzt. Auch darf beim Verstellen des Auszugrohres durch das Getriebe keine Veränderung des Bildes stattfinden.

4) Das Visirkreuz muss genau construirt und richtig eingesetzt sein.

Zunächst müssen die optische und mechanische Axe des Fernrohrs und die Verbindungslinie des Augenspunkts mit dem Schnittpunkt der beiden Faden (Visirpunkt) identisch sein, d. h. in der Visirlinie zusammenfallen, weil man sonst wiederum bei jeder Drehung des Fernrohrs Visirfehler begehen würde.

Um dies zu prüfen, richtet man den Visirpunkt auf ein scharf markirtes möglichst kleines Objekt ein und dreht das Fernrohr um seine Längenaxe. Ist das Objectiv richtig, das Visirkreuz aber falsch eingesetzt, so bleibt während dessen das Bild des Objectes stehen, während der Visirpunkt des Kreuzes um dasselbe herumrotirt.

Der Fehler wird durch wechselseitiges Anziehen der vier Schraubchen am Ring des Visirkreuzes beseitigt.

5) Das Visirkreuz muss dann grade am deutlichsten gesehen werden, wenn die Bilder am klarsten erscheinen. Geschieht dies nicht, so fällt die Ebene des Visirkreuzes mit der Bildebene im Fernrohr nicht zusammen. Der Abstand beider Ebenen von einander heisst die

Parallaxe des Visirkreuzes; diese muss weggeschafft werden, und zwar durch Verschieben des Visirkreuzes mittelst der Stellschraubchen innerhalb der Nuthen in der Längenrichtung des Fernrohrs. Man erkennt diesen Fehler schon dadurch, dass bei Herauf- und Herabbewegung des Auges am Ocular das Bild des Objects mit dem Auge am festliegenden Fadenkreuz auf- und abgeht oder die entgegengesetzte Bewegung macht. Im ersten Falle muss das Visirkreuz dem Objectiv genähert, im zweiten von ihm entfernt werden.

Das Convexlinsendioptr.

§ 81. Soll das Object einigermaßen genau mittelst des Fadenkreuzes eines Dioptr fixirt werden, so darf das Ocularloch nur sehr klein sein, je grösser, um so illusorischer wird die mathematische Genauigkeit der Visirlinie. Soll eine Dioptrvorrichtung zum Vorwärts- und Rückwärtsvisiren dienen (d. h. zum Visiren nach zwei entgegengesetzten Richtungen, ohne Verstellung der Dioptr), so muss jedes Dioptr ein Ocularloch und ein Haar oder Haarschnittpunkt haben, die sich entsprechend gegenüberstehen; es entstehen dadurch zwei Visirlinien an demselben Instrument, die sich genau parallel in einer Ebene befinden müssen. Ist dies nicht der Fall, so würde die Visirlinie über das eine Ocular eine andere Richtung angeben, als die über das andere. Fernere Fehler der Dioptr können sein, dass die Pferdehaare, die sich schneiden sollen, nicht rechtwinklig aufeinander stehen, oder dass gar die Spannung derselben nachgelassen, wodurch das Dioptr schliesslich unbrauchbar wird; oder die ganzen Dioptrrahmen sind verbogen.

Um nun diese Fehler zu vermeiden, deren Correctur in vielen Fällen schwer oder gar nicht möglich ist, hat man für solche Zwecke, bei denen man die Kosten für ein Fernrohr nicht anwenden will oder anzuwenden braucht — wie bei Messungen in kleinen Entfernungen — ein bei weitem sicheres Instrument durch das Convexlinsendioptr geliefert.

Das Convexlinsendioptr beruht auf dem Princip des astronomischen Fernrohrs. Macht man — (anschliessend an bereits

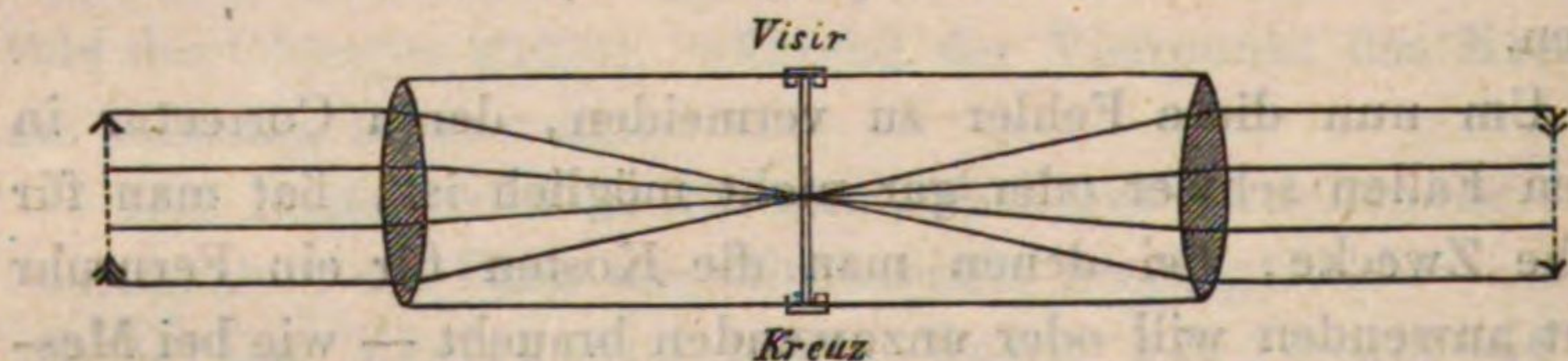
oben Gesagtes) — die beiden Convexlinsen eines astronomischen Fernrohrs ganz gleich und stellt sie in einem Rohr genau auf doppelte Brennweite auseinander, so treten die parallelen in die Objectivlinse einschliessenden Lichtstrahlen auch parallel aus der Ocularlinse heraus, nur in umgekehrter Anordnung (also auch ein umgekehrtes Bild liefernd).

Folglich ist die Vergrösserung gleich 1, die beiden Aberrationen werden paralysirt, und eine grössere Deutlichkeit des Sehens, als bei blosssem Auge tritt ein, weil die schädlichen Lichtreflexe, die das freie Auge sonst treffen, hier durch das dunkle Rohr vermieden werden.

In die Nähe des Brennpunktes der beiden Linsen ist das Breithaupt'sche Visirkreuz eingesetzt, genau nach den Anforderungen, die wir bereits an die Stellung des Visirkreuzes bei dem Fernrohr aufgestellt haben, und ersetzt dies mithin das Objectivdioptr^{*)}.

Hierdurch ergeben sich folgende Vortheile gegen das Pferdehaar in Rahmen der gewöhnlichen Dioptervorrichtung: Grössere Dauerhaftigkeit des ganzen Apparats, deutlicheres Sehen als mit blosssem Auge. Man kann bei feststehendem Instrument vorwärts und rückwärts visiren und benutzt hierzu nur eine einzige, sehr stabile und sich gleichbleibende mathematisch scharfe Visirlinie, die optische Axe, die durch den Mittelpunkt des Glaskreuzes bezeichnet ist. Die Schärfe, mit welcher das Object fixirt und beobachtet wird, ist wesentlich erhöht durch das Zusammenfallen des Objectbildes in eine

Fig. 61.



*) Dasselbe kann auch mit mehreren Parallelstrichen, ja sogar mit ganzen Liniennetzen versehen werden, wie solches z. B. beim Distanzmesser nöthig wäre (s. weiter unten: einfacher Distanzmesser).

Ebene mit dem Visirkreuz, was bei dem Visiren mit blossem Auge doch nicht geschieht. (Fig. 61.)

Achtes Kapitel.

Mittel zur Darstellung des Horizonts.

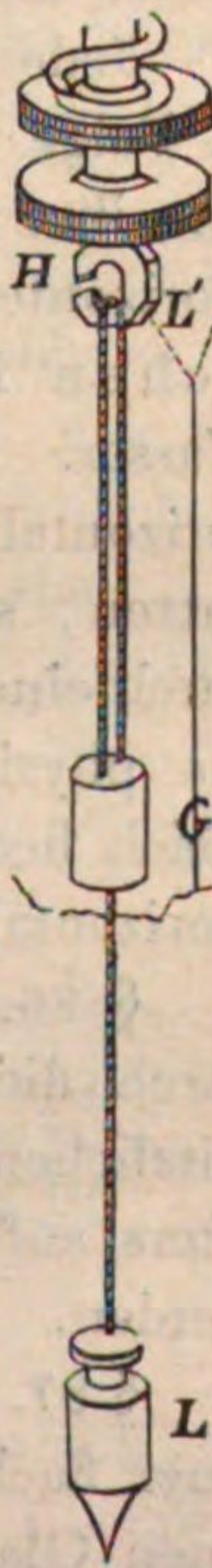
§ 82. In der Vermessungskunst tritt sehr häufig der Fall ein, dass man die Vertikallinie, die Horizontallinie und der Horizont sich körperlich oder sichtbar darstellen muss, um die Abweichung von Linien oder Ebenen von diesen zu ermitteln oder zu controlliren.

Den wahren Horizont, die wahre Horizontallinie können wir natürlich nicht herstellen. Wir begnügen uns, wie schon früher angedeutet, mit der Herstellung der scheinbaren Horizontallinie und des scheinbaren Horizontes (Horizontalebene) und vergleichen die gegebenen Linien in der Vermessungskunst mit diesen.

§ 83. Zur Herstellung der Vertikallinie dient einfach das **Loth**. Will man einen Punkt eines Instruments genau vertikal über einem gegebenen Punkt der Natur aufstellen, so benutzt man hierzu das Einloth, dessen Construction aus Fig. 62 ersichtlich. Es lässt sich das Loth LL' durch Herauflassen des Gegengewichts G verlängern. Durch den Haken H ist das Einloth mit dem Instrument verbunden. Die Arbeit nennt man Einlothen. Dasselbe wird bei sehr genauen Vermessungen, bei denen der Aufstellungspunkt in der Natur mit penibelster Genauigkeit eingenommen werden muss, angewendet.

Ist die Lothlinie fest, d. h. von Metall gearbeitet und mit dem Loth ein Gradbogen in Verbindung gebracht, so ist man im Stande, an dem Gradbogen Abweichungen von Linien von

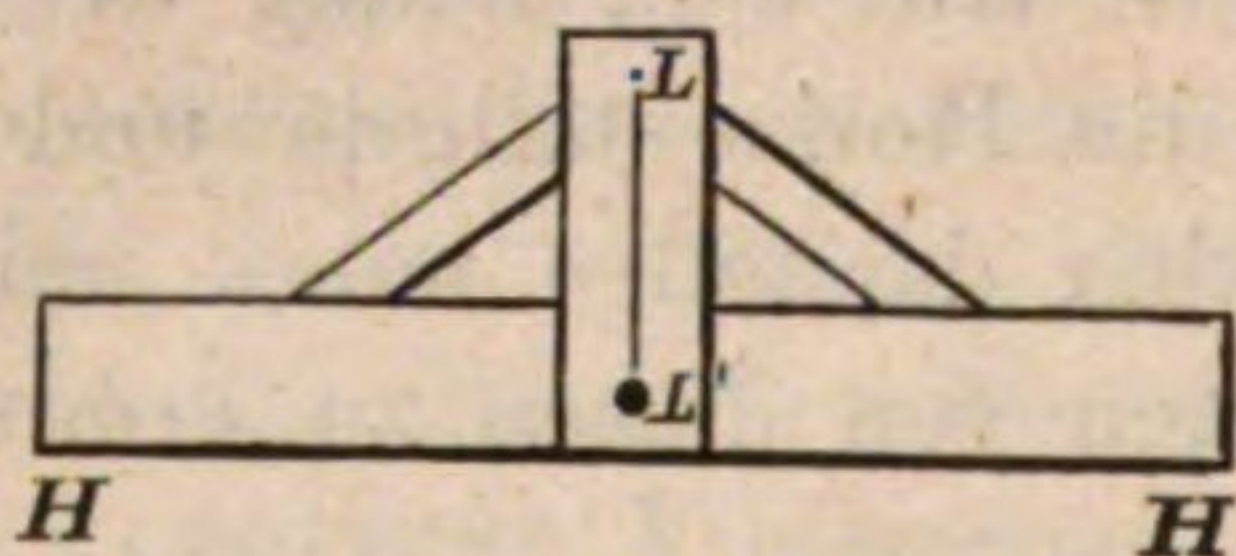
Fig. 62.



dem Lothe in Vertikalwinkeln zu ermitteln (Pendelinstrumente), da das Loth permanent dieselbe Richtung beibehält, wenn es nur in einem Punkte frei schwebend erhalten wird.

§ 84. Construiert man sich unter einem rechten Winkel zur Richtung eines frei hängenden Lothes LL' eine feste Linie HH' , so erhalten wir durch dieselbe die Horizontallinie (wie bei der Setzwage): Markirt man den Punkt L' auf dem

Fig. 63.



Holze, so steht die Linie HH' jedesmal horizontal, wenn die an dem Faden befestigte Bleikugel in L' einspielt. Hier- nach kann man die Lage einer Terrainlinie (aber nur bei Bau-

ten), auf die man die Linie HH' der Setzwage legt, control- liren. (Fig. 63.)

§ 85. Zur Herstellung der Horizontallinie und des Hori- zontes dienen ferner die **Libellen oder Wasserwagen**.

Jede flüssige Materie (Wasser, Alkohol, Quecksilber) hat in Folge der Gravitation auf jeden ihrer Tropfen das Bestre- ben, ihre Oberfläche derjenigen des sphäroidischen geodätischen Horizontes parallel zu stellen. Man erhält also einen künst- lichen Horizont schon durch die Oberfläche eines Glases Wasser. Visirt man über die Oberfläche hin, so visirt man horizontal. Will man zwei Wasserflächen zum Visiren be- nutzen, so verbindet man die beiden sie enthaltenden Gläser durch eine communicirende Röhre, und erhält dann durch das physikalische Gesetz der communicirenden Röhren zwei gleich hochstehende Wasserflächen in beiden Gläsern, also die Horizontallinie. (Wasserwage, Canalwage.)

§ 86. Eine Schale mit Quecksilber gefüllt, giebt durch die spiegelnde Oberfläche einen für viele Messungen nützlichen künstlichen Horizont. Das Quecksilber muss dann öfters auf der Oberfläche durch Abkehren spiegelrein gehalten werden.

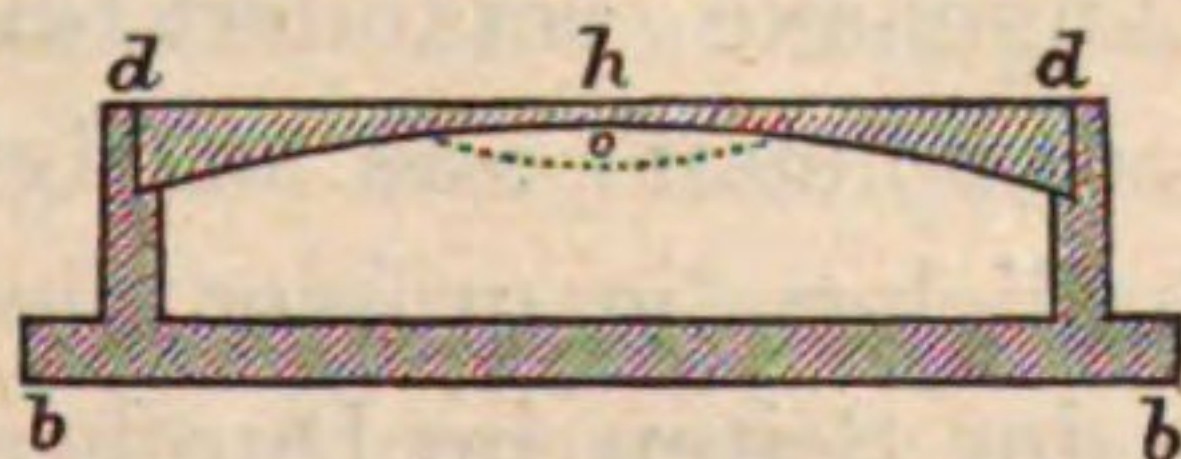
§ 87. Das **Dosenniveau, Libelle**, Fig. 64. 65, besteht aus einer flachen cylindrischen Kapsel, luftdicht verschlossen durch einen Glasdeckel dd , welcher gut centriscch planconcav ge-

schliffen ist. Die plane Fläche ist die aussen, oben, liegende. Gefüllt ist die Kapsel mit einer leicht flüssigen Masse, Alkohol, Vitriolnaphta, und zwar so völlig, dass nur eine kleine Luftblase oder Dampfblase *o* frei bleibt. Die äussere Seite des Deckels muss genau parallel der Basisfläche *bb* sein. Die

Fig. 64.



Fig. 65

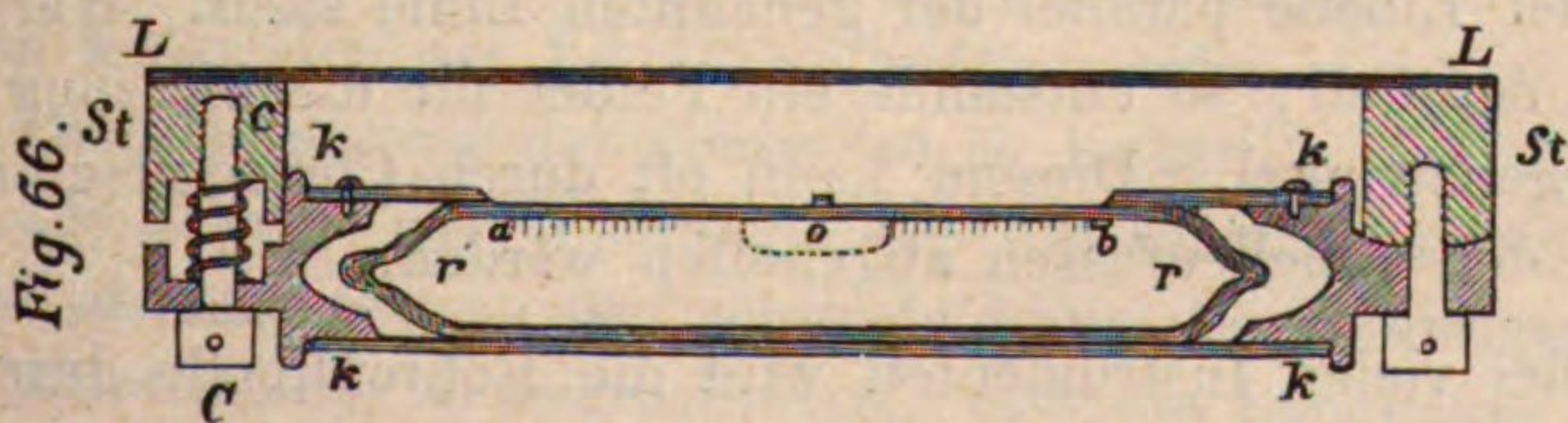


höchste Stelle im Innern *h* ist äusserlich durch einen eingekratzten Kreis *k* bezeichnet, in der Mitte des Deckels.

Nach dem Gesetze der Schwere bestrebt sich die Luftblase, die höchste Stelle einzunehmen. Steht die Basis auf einer horizontalen Ebene, so wird die Blase sich in dem eingeschnittenen Kreise befinden. Ist die Ebene nicht horizontal, so weicht die Luftblase so lange von dem Mittelpunkt des Deckels ab, bis die Horizontalstellung erfolgt ist.

Die Prüfung des Instruments geschieht durch Drehen desselben um seine Basis und durch Vergleich mit anderen Niveaus womöglich auf einen künstlichen Horizont, (aus einer Glas- und Metallscheibe bestehend, welche gewöhnlich auf einem flachen Dreifuss mit Stellschraube befestigt sind). Die Correctur geschieht durch Correctionsschrauben in der Basis.

§ 88. Die **Röhrenlibelle**, Fig. 66, besteht aus einer einige Zoll langen, $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser habenden, flach



tonnenförmig gegossenen, an beiden Enden verklebten, vergipsten oder zugegossenen gläsernen Röhre *rr*, die bis auf

eine Dampfblase (Luftblase) o mit Alkohol oder Vitriolnaphta angefüllt ist. Die grösste Weite der Röhre liegt in der halben Länge.

Liegt die Libelle mit ihrer Längachse horizontal, so befindet sich die Luftblase auf der höchsten Stelle der Weitung zwischen zwei diese Lage markirenden Strichen, das heisst: »sie spielt ein«. Bei den geringsten Hebungen und Senkungen der Längachse verändert die Luftblase sehr schnell ihre Stellung, das heisst: »sie schlägt aus«. Das Instrument ist um so empfindlicher, je grösser die Längachse, je geringer die Krümmung der Seiten im Durchschnitt ist, und je kleiner die Luftblase. Der Krümmungsradius der Seiten ab beträgt mehrere Meter und kann bei besonders feinen Libellen bis über 100 M. Länge erhalten. Es kann dadurch aber schliesslich eine derartige nutzlose Empfindlichkeit bewirkt werden, dass man, auch mittelst feinster Schrauben, nie im Stande sein wird, die Libelle auch nur auf kurze Zeitdauer zum Einspielen zu bringen. Die Grösse der Luftblase wechselt je nach der Temperatur, weil die Flüssigkeit sich bedeutender ausdehnt als das Gefäss. Daher ist bei heisser Witterung die Libelle kleiner als in der Kälte. Man beobachtet dann genau die eingeätzten Striche, zwischen denen die Blase einspielt, denn die Mitte der Blase bleibt dieselbe.

Die gläserne Röhre liegt gewöhnlich in einer metallenen cylindrischen, oben zur Beobachtung der Luftblase genügend ausgeschnittenen Kapsel k . Diese ist wiederum mittelst Streben St oder Füßen auf oder unter der horizontal zu stellenden Linie L (Fernrohr, Lineal etc.) so befestigt, dass die Längachse der Libelle parallel der genannten Linie steht. Wäre dies nicht der Fall, so entstände ein Fehler für die Messung, der Divergenzwinkel. Diesem kann oft durch Correcturschrauben C an den Libellenfüßen abgeholfen werden.

Bei vielen Instrumenten wird die Röhrenlibelle durch ein gutes Dosenniveau ersetzt, z. B. bei solchen, deren Visirvorrichtung (Fernrohr) innerhalb der Horizontalebene gedreht wird. Dann muss die Drehungsaxe aber ausserordentlich genau ge-

arbeitet sein. (Z. B. beim Theodolithen auch bei einigen Nivelirinstrumenten.)

Prüfung der Libellen.

§ 89. Fehler der Libellen können sein:

1. Das Gefäss, die Röhre ist nicht genau symmetrisch tonnenförmig geschliffen (innerlich), d. h. der lichte Längendurchschnitt muss aus zwei sich genau gegenüberliegenden Kreisbogen von dem nöthigen langen Krümmungsradius bestehen, der lichte Vertikaldurchschnitt durchaus überall kreisförmig, und zwar derjenige, welcher im Mittelpunkt der Längenaxe senkrecht steht, am grössten sein.

Die entsprechende Prüfung hat der Mechaniker auf dem Justirbret vorzunehmen. Viele Libellen sind mit einer Fassung versehen, welche das Beobachten der Libelle von zwei entgegengesetzten Seiten zulassen und welche man dann in Pfannen um die Längenaxe rollen kann. Die Prüfung dieser Libellen würde sehr einfach sein. Vorausgesetzt, dass die Glasröhre im Lager festliegt, wird die Libelle auf dem Justirbret in zwei sichere Lagerpunkte gelegt, das Justirbret dann gehoben oder gesenkt, bis die Blase einspielt, dann die Libelle umlegt, und in beiden Lagen dieselbe um ihre Längenaxe gedreht. Die Blase darf dann unter keiner Bedingung eine andere Stellung annehmen, als die in der Mitte der Längenaxe, die man durch einen feinen eingezätzten Strich äusserlich markiren möge. — Der Fehler kann nicht corrigirt werden.

2. Die eingezätzten Striche sind nicht richtig. Dieser Fehler würde bei obiger Prüfung gleichzeitig mit dem richtigen Einspielen der Libelle gefunden werden.

3. Die Befestigung der Glasröhre ist locker.

4. Die Kapsel (oder Fassung), also die ganze Libelle füglich, ist an die etwa zu beobachtende Linie des Hauptinstrumentes nicht richtig so angeschoben, dass die Längenaxe der Libelle parallel jener Linie wäre. Es wäre also ein Divergenzwinkel vorhanden.

Die Ermittlung des Divergenzwinkels kann durch den

Arbeiter selbst geschehen, und ist je nach dem Instrument selbst das Verfahren ein wenig verschieden.

Nehmen wir ein Visir-Fernrohr an, dessen Längenaxe als gut centrirt geprüft ist, und an diesem Fernrohr eine Röhrenlibelle so angebracht, dass sie in den beiden Axenlagern umgelegt werden kann. Die Libelle an sich ist schon geprüft, es kann also nur darauf ankommen, zu wissen, ob die beiden Lagerstände gleich lang sind oder nicht; sind sie verschieden lang, so haben wir eben den Divergenzwinkel.

Man stellt das Fernrohr auf die Justirplatte und stellt mit Hülfe der Stellschrauben der letzteren das Fernrohr so, dass die Libelle einspielt, legt dann die Libelle um und beobachtet sie. Spielt sie nicht ein, so ist die Hälfte der Abweichung vom normalen Einspielpunkte die Divergenz, um entsprechend so viel muss das eine Lager erhöht oder gesenkt werden, was gewöhnlich durch feine Schraube mit gegendrückender Feder geschieht. (*Cc* in Fig. 66.)

Die Ermittlung des Divergenzwinkels bei nicht umlegbaren Libellen wird später bei den betreffenden Instrumenten selbst erörtert werden.

5. Die Luftblase wäre zu gross oder (bei Hitze) ganz verschwunden, was an der Menge der Füllung läge. Dann müsste die Libelle geöffnet und entsprechend durch den Mechaniker corrigirt, oder ganz verworfen werden.

Neuntes Kapitel.

Stative Fussgestelle.

§ 90. Schweren Instrumenten und namentlich solchen, mit welchen eine sehr correcte Messung vorgenommen werden soll, verleiht man einen festen, sicheren und dem Arbeiter bequemen Stand auch in sonst unbequemem Terrain mittelst Aufstellung derselben auf Stativen oder Fussgestellen. Die Festigkeit, Schwere, und daher auch die mehr oder weniger bedeutende Transportfähigkeit derselben hängt oft von der Wichtig-

keit ab, welche die Genauigkeit bei der Vermessung spielt, und gleichzeitig von der Zeit, welche der Arbeiter für die jedesmalige Aufstellung auf einem bestimmten Punkte des Terrains übrig hat. Leichtere Instrumente und solche, die bei nicht correcten Vermessungen gebraucht werden, können meist frei in der Hand gehalten und beobachtet werden.

§ 91. Instrumente, die zu besonders feinen Arbeiten der höheren Geodäsie während längerer Zeitdauer an einem und demselben Punkt verwendet werden, erhalten unter Umständen aus Holzbohlen zusammengesetzte ganz **feste Unterlagen**; man stellt sie sogar auf gemauerte Granittische, um möglichst jede zufällige Veränderung des Standpunktes für das Instrument zu vermeiden.

§ 92. In der niederen Vermessungskunst und überall da, wo man den Standpunkt schnell zu wechseln beabsichtigt, bedient man sich der **Stative** von Holz.

Wir haben zu unterscheiden:

1. Tellerstative,
2. Knaufstative,
3. Stockstative.

§ 93. **Tellerstative.**

Ihren Namen haben die Tellerstative von der tellerförmigen Scheibe, an welcher die drei Füße charnierartig befestigt sind, und auf welche man jedes Instrument, welches mit Fussplatte oder Füßen versehen ist, ohne Weiteres aufstellen und befestigen kann.

Die Füße sind an den meisten Stativen ungefähr 1,25 M. lang, so dass der Teller bei auseinandergespreizten Füßen die zum Arbeiten bequeme Brusthöhe des Mannes hat. Zum Transport sind die Füße zusammengeklappt. Das Holz, aus welchem sie bestehen, muss fest, trocken, nicht rissig und dabei leicht sein. Die Tellerfläche darf sich in Folge der Temperatur nicht verändern.

Von der Masse von existirenden Fussgestellen seien die folgenden beiden, als die Grundzüge der Construction repräsentirenden angegeben.

§ 94. 1. Fussgestell mit ausgefaltzen Beinen und wagerechter Bolzenbefestigung. (Ein französisches Modell.)

a) Der Teller, 15 Cm. Durchmesser, 3 Cm. dick, ist in nebenstehender Gestalt ausgeschnitten, in der Mitte senkrecht

Fig. 76.

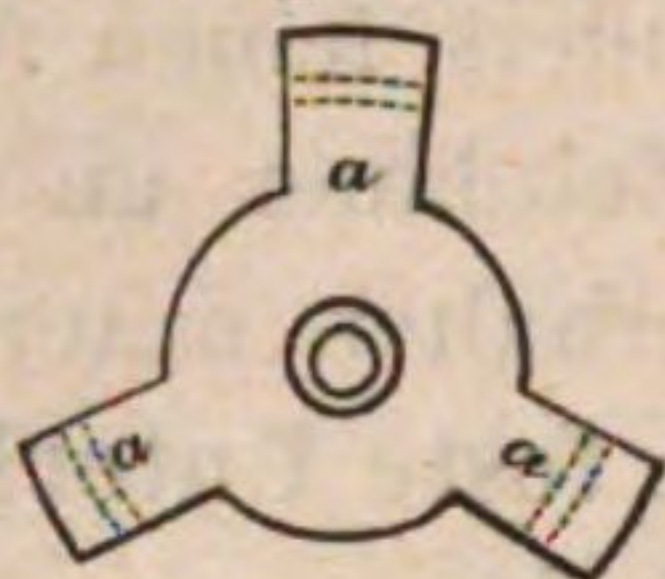
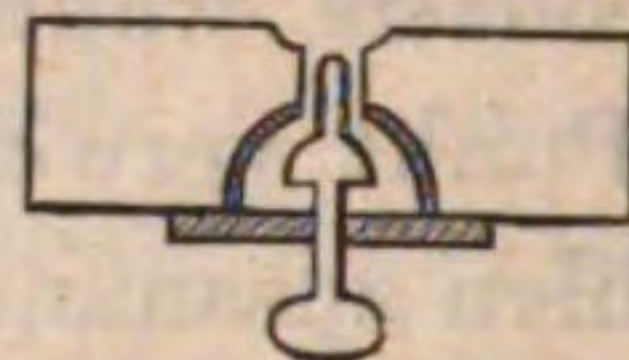


Fig. 77.



durchlocht (manchmal zur Aufnahme einer Schraubenstange mit Halbkugelverstärkung behufs Befestigung des aufzustellenden Apparates). Das Loch ist der Halbkugel entsprechend ausgeschnitten und mit Messing gefüttert. (Fig. 72. 76. 77.)

Durch die Arme *a* sind wagerechte Löcher zur Aufnahme dreier Bolzenschrauben gebohrt.

b) Die Füße, 1,25 M. lang, sind aus vier Stücken, zwei langen Leisten und zwei Riegeln, sich nach unten verjüngend, zusammengesetzt und durch Schrauben zusammengehalten. Das untere Ende ist mit ringförmigem Schuh und Spitze zum Eindrücken in die Erde versehen. Die oberen Enden der beiden Leisten des Fusses sind für Aufnahme der genannten Bolzenschraube durchlocht. Die oberen Enden greifen nun beiderseitig um die Arme des Tellers. Die Bolzenschraube mit grossem Nietkopf wird durch das Loch des Fusses und des Arms gesteckt und somit die Füße gehalten, und durch Anziehen einer Flügelschraubenmutter am Teller ganz festgeklemmt.

Bei der Aufstellung müssen vor der Arbeit die drei Flügelschrauben fest angezogen werden, damit ein Wackeln verhütet werde. Das Stativ ist leicht. Soll es schwere Instrumente tragen, so muss es aus festem, schwerem Eichenholz gearbeitet werden. Fig. 72.

§ 95. 2. Tellergestell mit vollen Füßen und senkrechter Bolzenbefestigung (deutsches Modell, besonders bei Breithaupt verwendet). Fig. 67. 68.

Es besteht aus:

a) dem hölzernen runden, in der Mitte durchlochten Teller, und

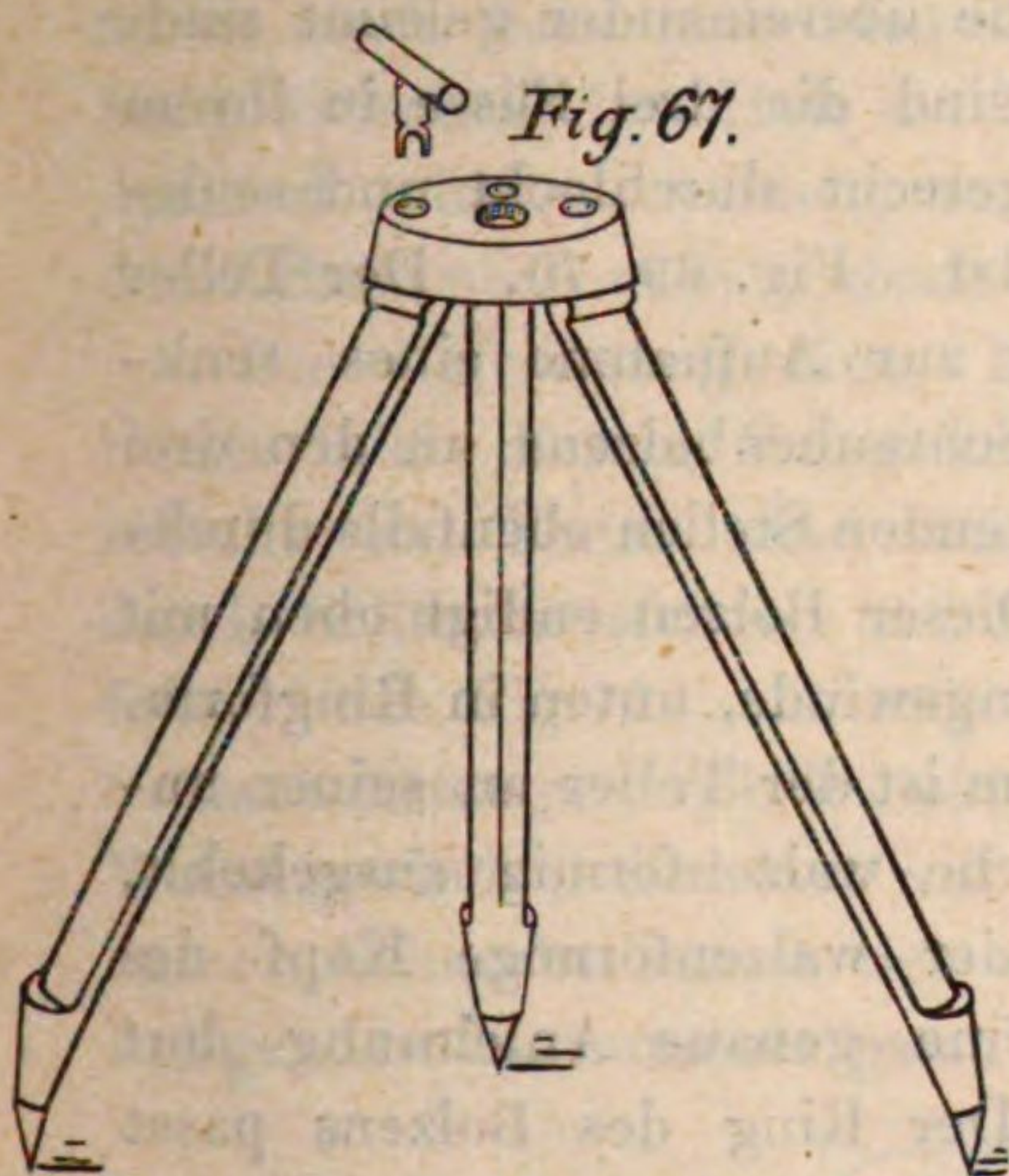


Fig. 67.

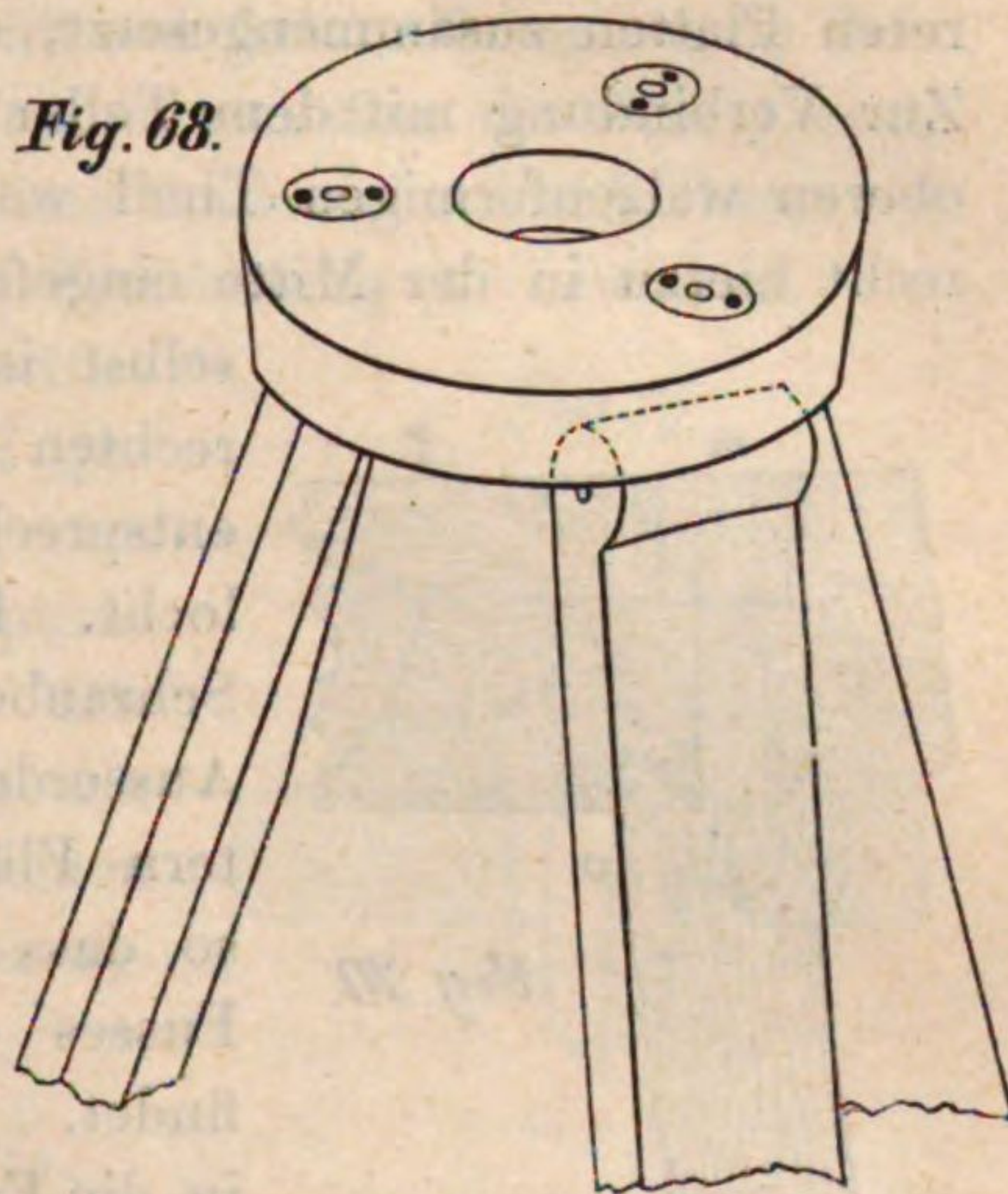


Fig. 68.

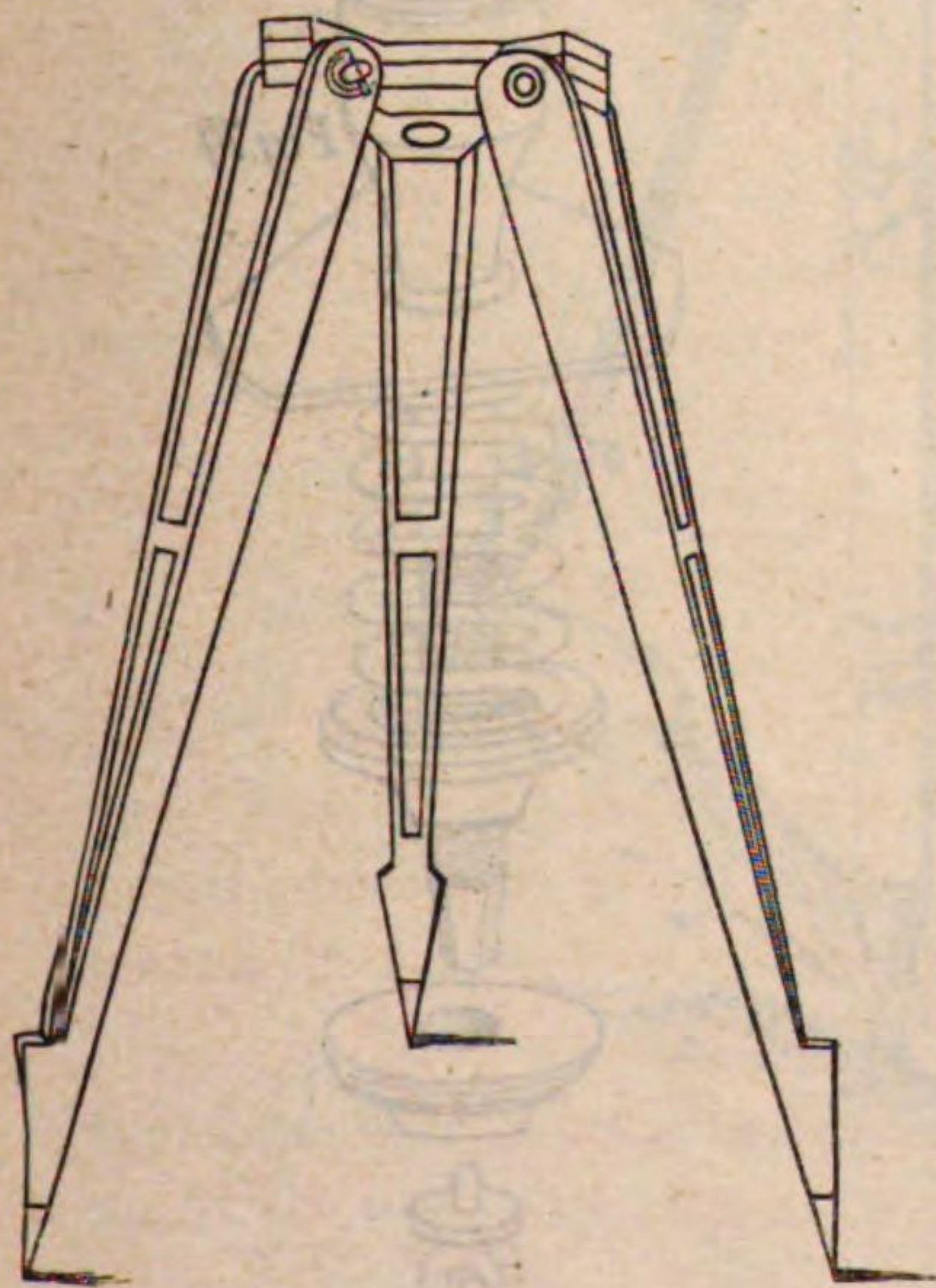


Fig. 72.

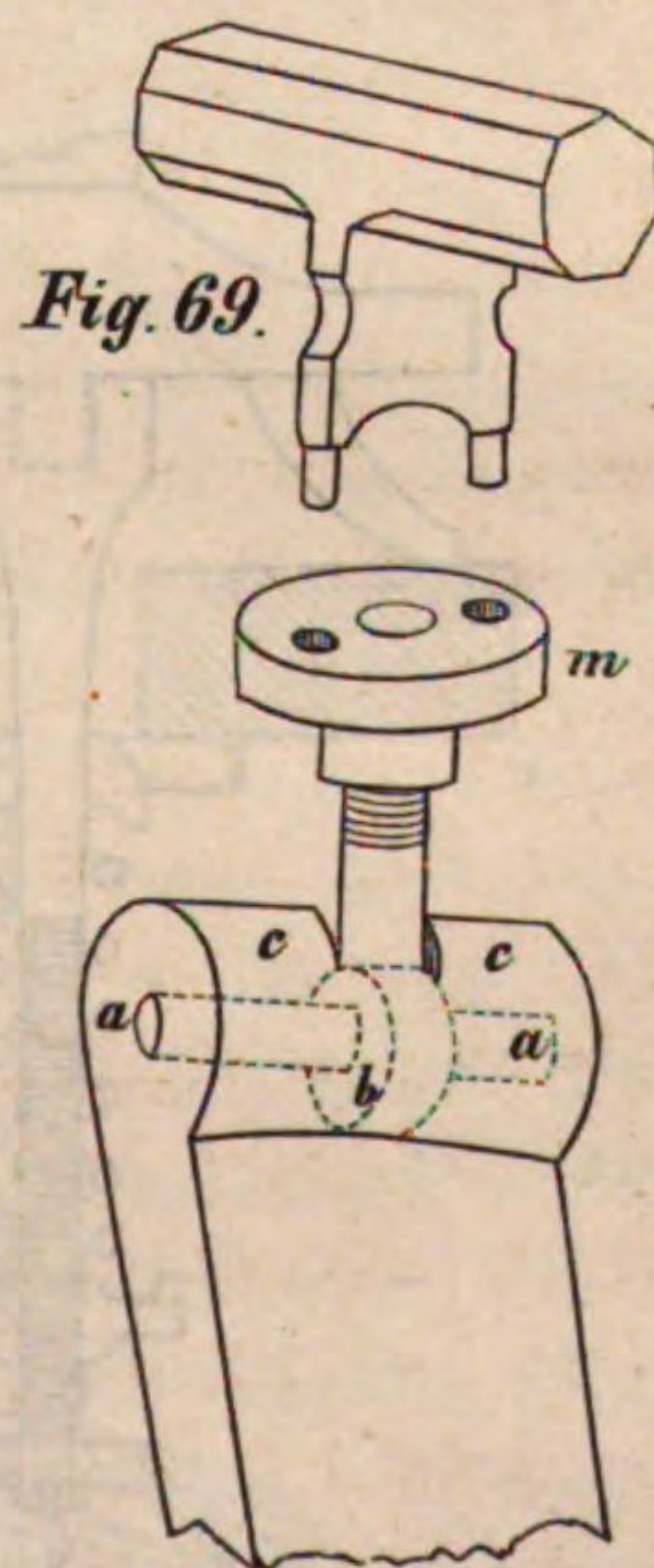


Fig. 69.

b) den drei Füßen, die unten mit Ansatz und Schuh zum Eintreten versehen sind.

Der Teller ist oft, um ein Werfen zu verhüten, aus mehreren Platten zusammengesetzt, die übereinander geleimt sind. Zur Verbindung mit dem Teller sind die drei Füße in ihrem oberen walzenförmigen Theil wagerecht durchlocht und senkrecht hierzu in der Mitte eingefalzt. Fig. 69. 70. Der Teller

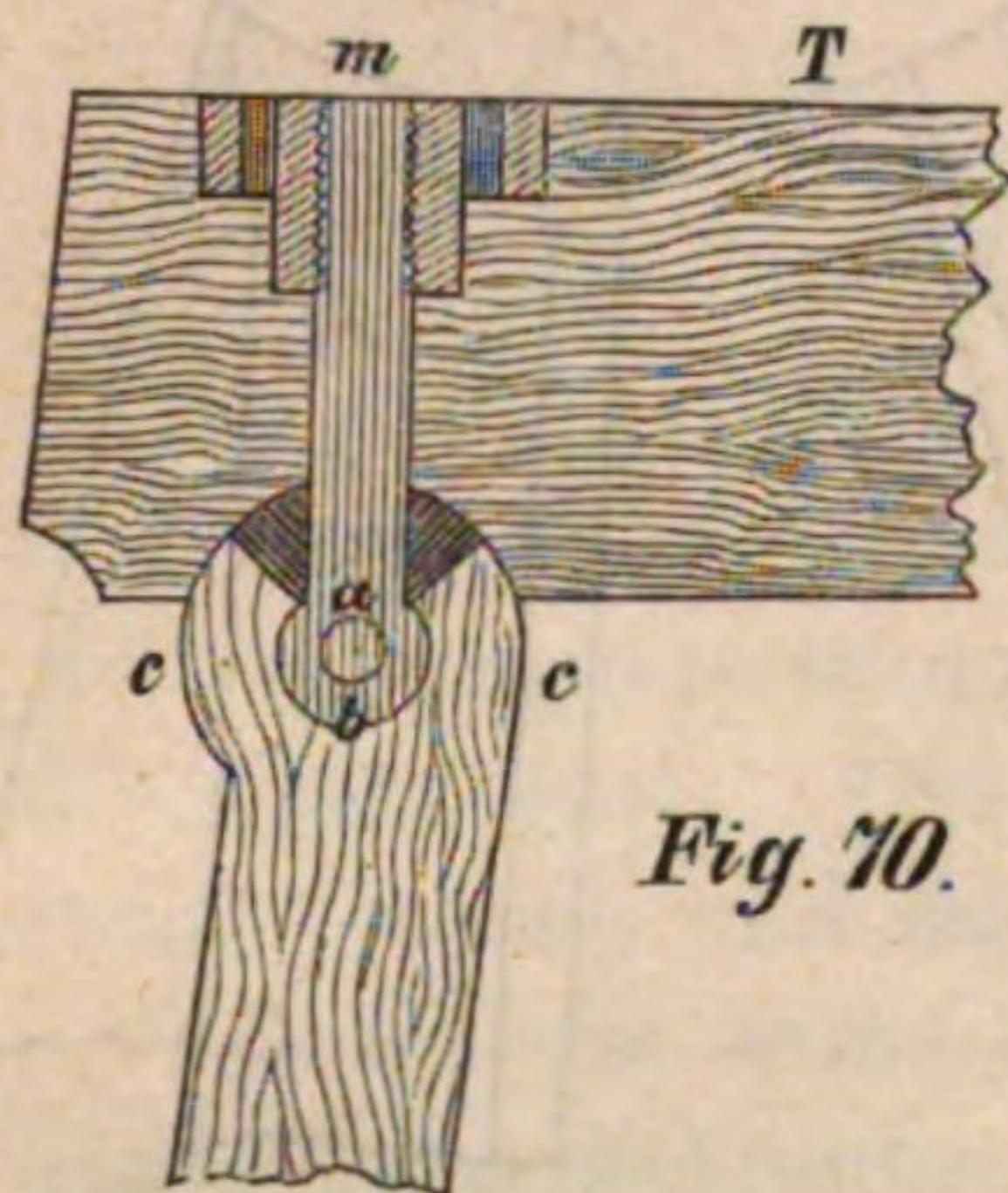


Fig. 70.

selbst ist zur Aufnahme eines senkrechten Schraubenbolzens an den drei entsprechenden Stellen ebenfalls durchlocht. Dieser Bolzen endigt oben mit Schraubengewinde, unten in Ringform. Ausserdem ist der Teller an seiner untern Fläche walzenförmig ausgekehlt, so dass der walzenförmige Kopf des Fusses eine genaue Anlehnung dort findet. Der Ring des Bolzens passt in die Falze des Obertheils des Fusses, und durch ihn und die wagerechte

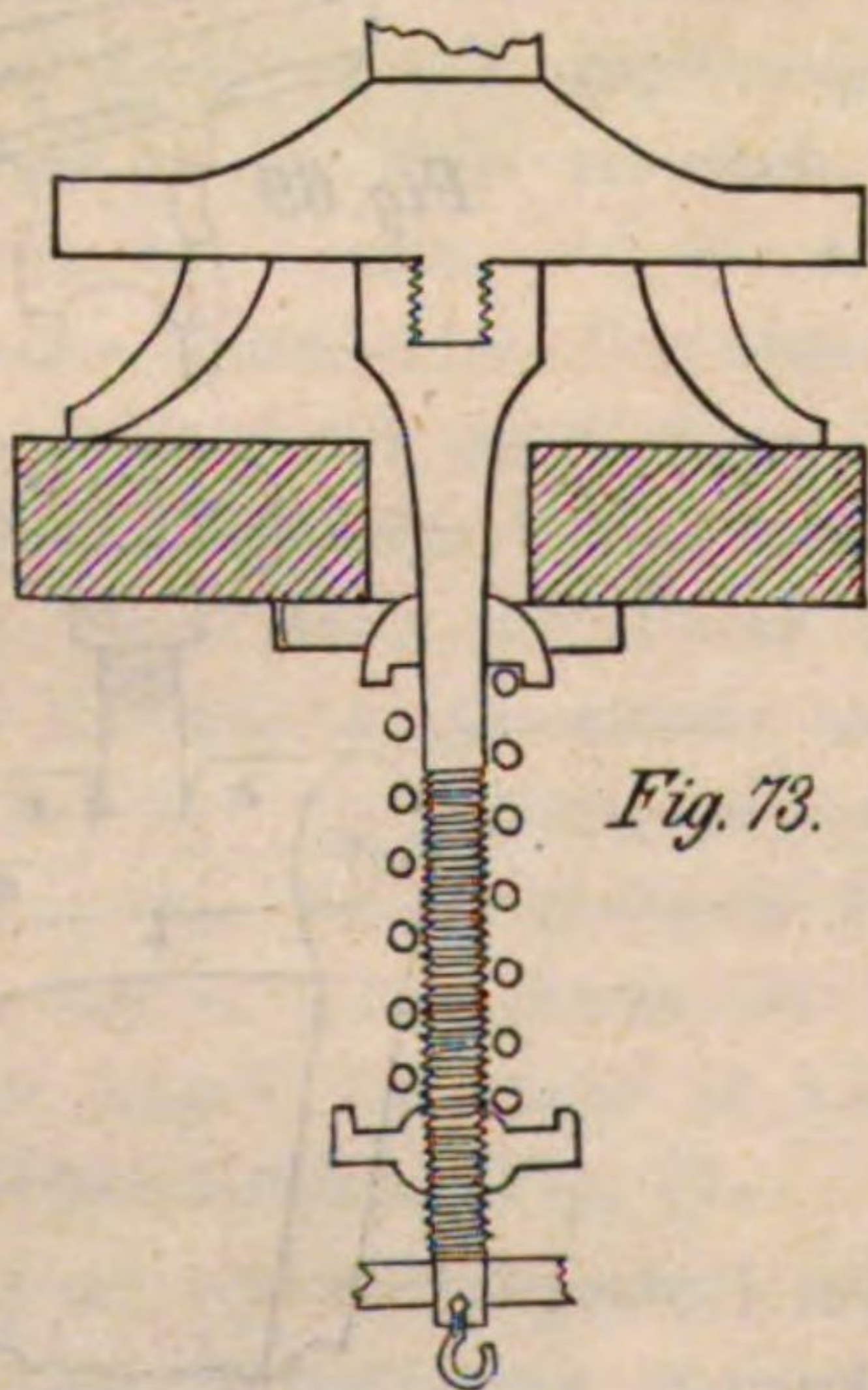


Fig. 73.

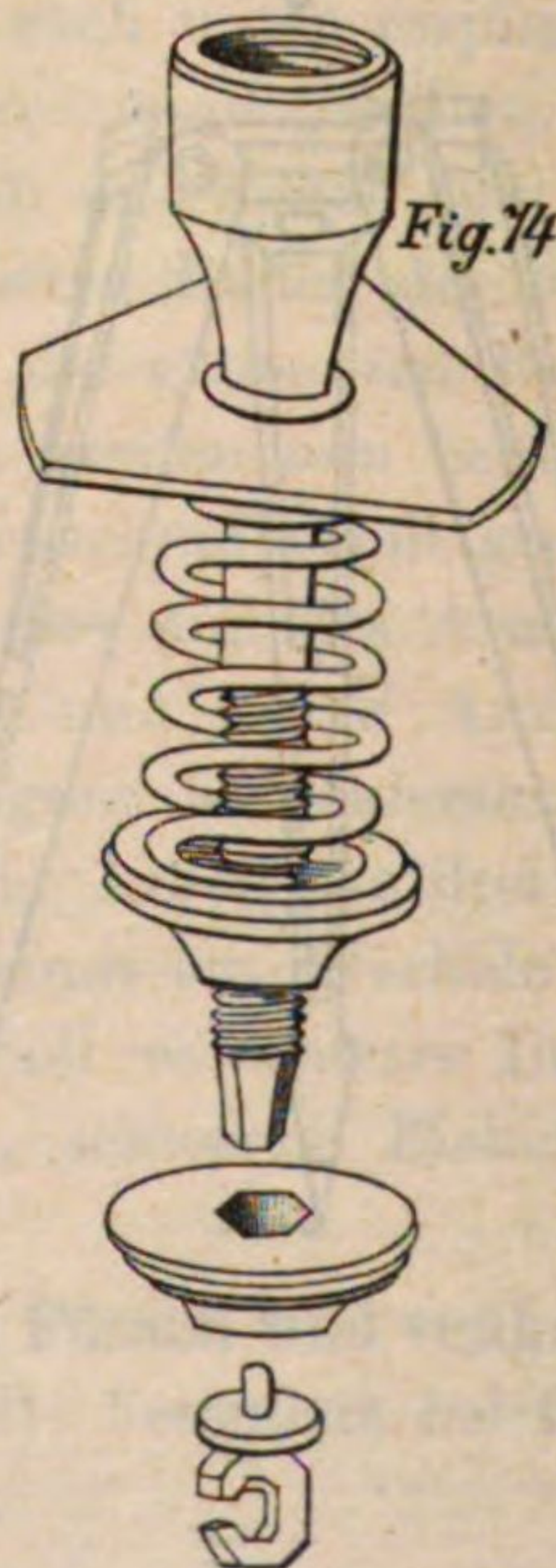


Fig. 74.

Durchbohrung des Fusses wird ein Querbolzen gesteckt. Nun lässt sich der Ring, also auch der Fuss, durch die auf der Oberfläche des Tellers eingelassene Mutter, beziehungsweise durch einen dazu passenden Schlüssel fest anziehen. Die Reibung zwischen dem Holz des Tellers und dem des Fusses kann dauernd erhalten werden, so dass man nicht nöthig hat, vor der Arbeit noch eine besondere Feststellung zu bewirken.

Die Befestigung eines Instruments auf diesem Fussgestell geschieht am besten und sichersten durch Schraubenstange und Spiralfeder, wie Fig. 73. 74 zeigt. Die Schraubenstange enthält oben ein Muttergewinde, welches auf einen kurzen Schraubenansatz des zu befestigenden Instruments passt.

Fig. 75.

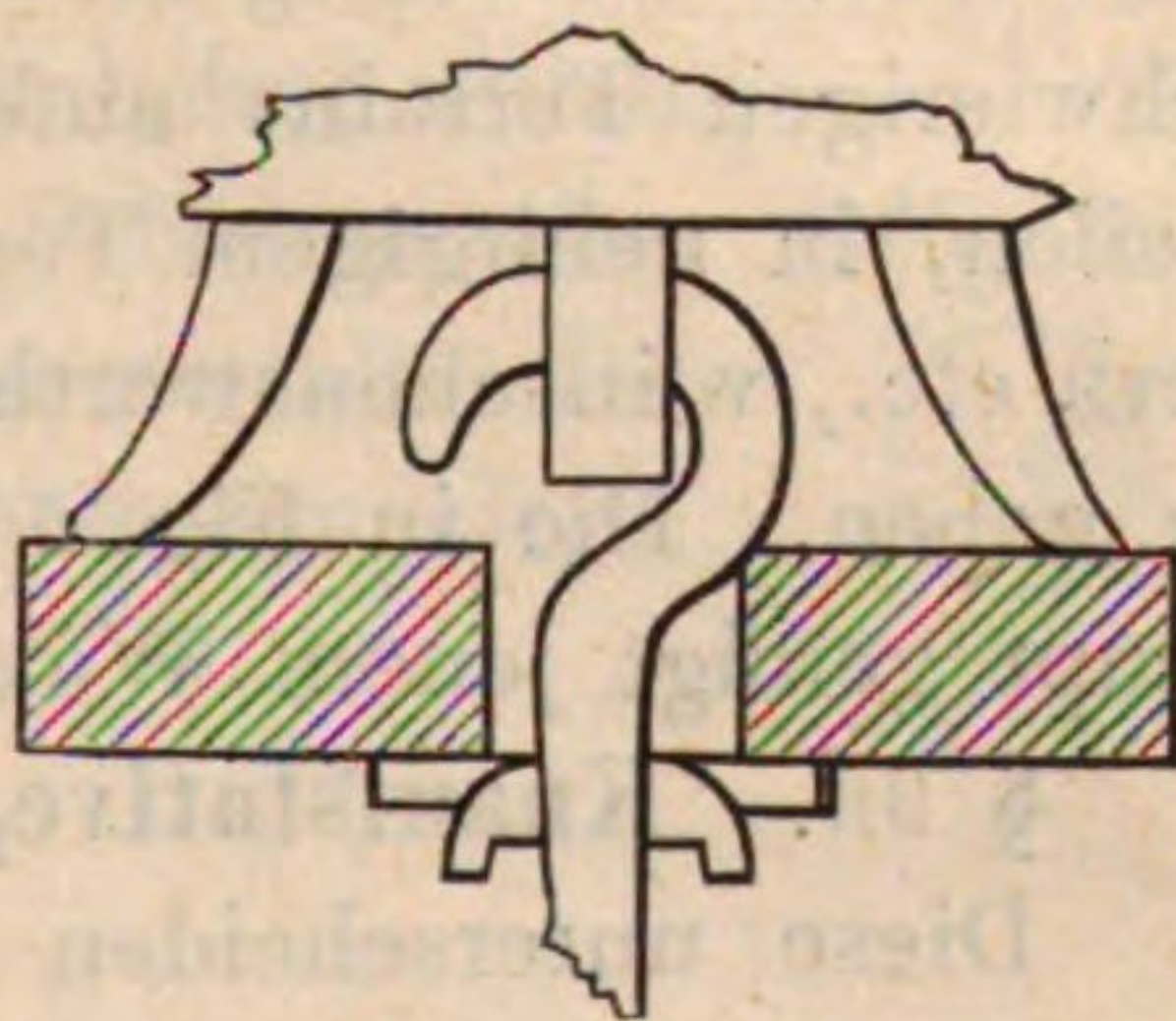
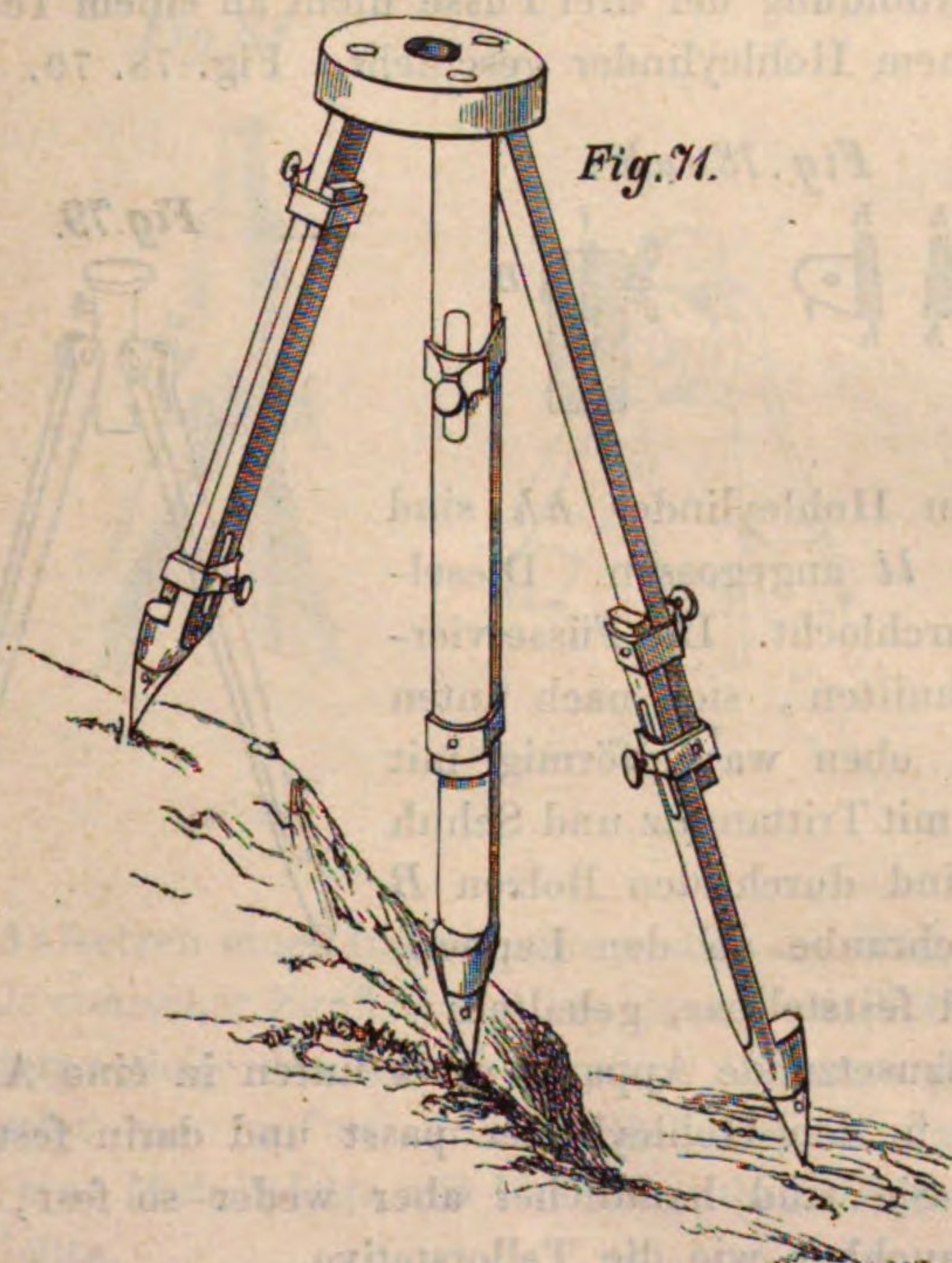


Fig. 71.

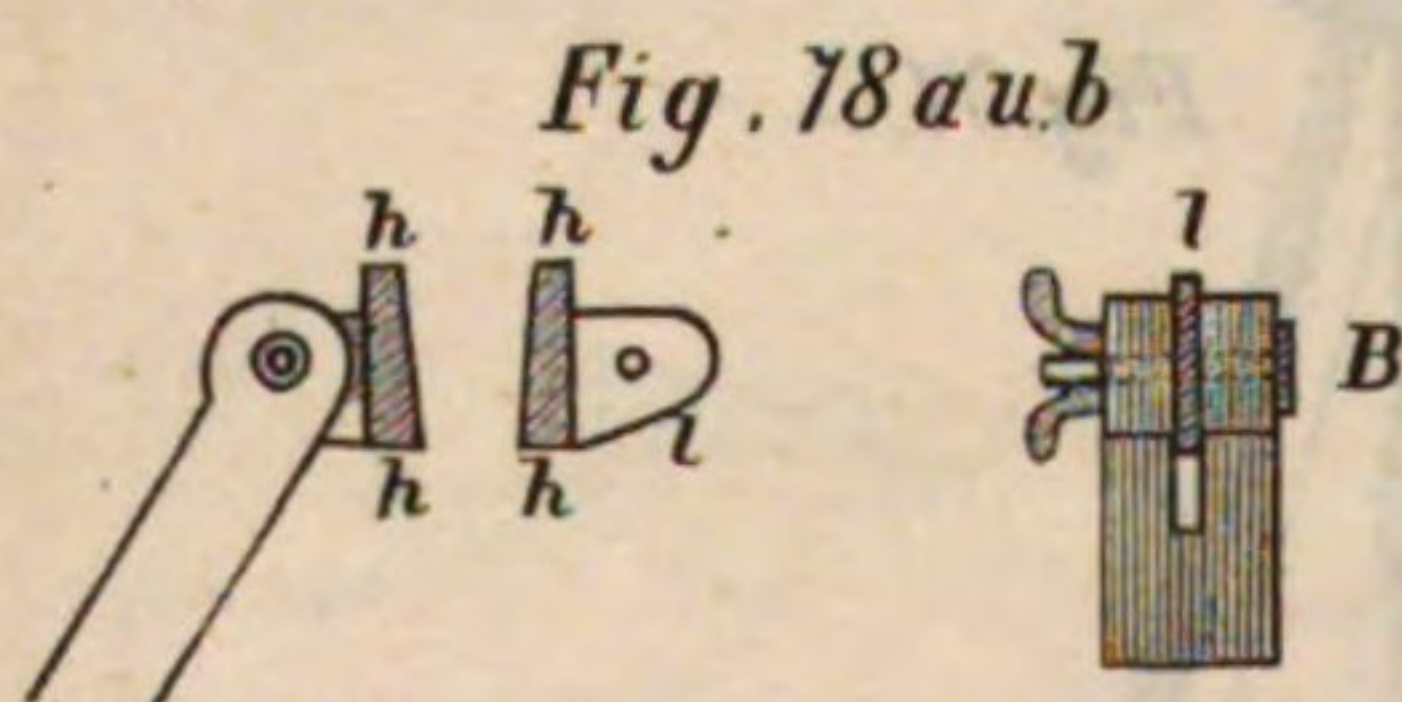


Statt des Letzteren lässt man die Schraubenstange oben wohl auch in einen Haken, Fig. 75, endigen, der in eine Oese an dem festzustellenden Apparat eingreift, der aber für Instrumente, die eine genaue Einlothung über einen gegebenen Punkt bedingen, unbrauchbar ist, weil sie bei einigem schiefen Stand des Stativs eine gebrochne Linie gegen die Centralaxe des Instruments ergiebt, daher zuerst von Breithaupt die Schraubenstange eingeführt wurde.

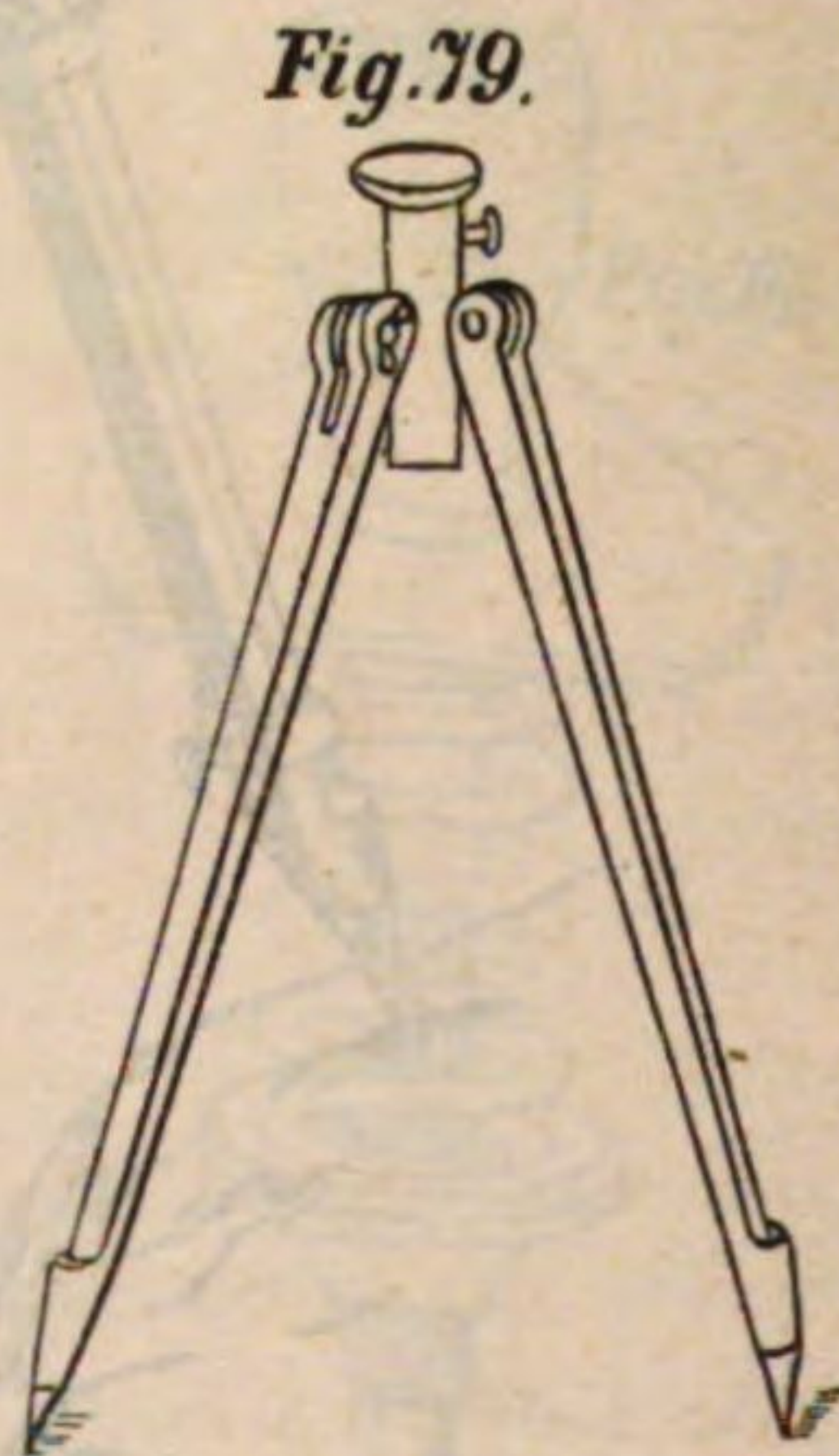
Wenn Dreifussgestelle sich zwar fast in jedem Punkt auf schwierigen Terrains aufstellen lassen, so ist es dennoch zuweilen, in gebirgigem Terrain oder bei Arbeiten an Grabenrändern etc., wünschenswerth, den Füßen eine verschiedene Länge zu geben. Die in Fig. 71 dargestellte Construction von Breithaupt genügt jenem Wunsche.

§ 96. **Knaufstative**, auch englische Stative genannt.

Diese unterscheiden sich von den Tellerstativen dadurch, dass die Verbindung der drei Füße nicht an einem Teller, sondern an einem Hohlcylinder geschieht. Fig. 78. 79.



An dem Hohlcylinder *hh* sind die Lappen *ll* angegossen. Dieselben sind durchlocht. Die Füße vierkantig geschnitten, sich nach unten verjüngend, oben walzenförmig mit Falz, unten mit Trittansatz und Schuh versehen, sind durch den Bolzen *B* mit Flügelschraube an den Lappen, drehbar und feststellbar, gehalten.



Der aufzusetzende Apparat muss unten in eine Axe endigen, welche in den Hohlcylinder passt und darin festgeschraubt wird. Sie sind handlicher aber weder so fest, noch so vielseitig brauchbar wie die Tellerstative.

§ 97. **Stockstative.**

Dies sind solche Fussgestelle, deren Füße zusammengeklappt, dem Ganzen das Ansehen eines Stockes von kreisförmigem, sich von oben nach unten verjüngendem Durchschnitt geben (vielfach bei englischen Modellen gebraucht).

Ein cylindrischer, 7 bis 10 Cm. (auch weniger, je nach Tragfähigkeit des Gestells) starker Klotz nimmt nach unten eine dreikantige prismatische Form an. An den Flächen des Dreikants auf und ab beweglich (tangential zur Basis des Cylinders) sind mittelst Bolzen und Knebelschrauben feststellbar drei Füße angebracht, mit Schuhen, aber ohne Trittsätze, deren Durchschnitt so gestaltet ist, dass die drei Füße, zusammen eng zusammengelegt, kreisförmigen Durchschnitt zeigen. Fig. 80. 81.

Fig. 80.



Fig. 81.



Fig. 82.

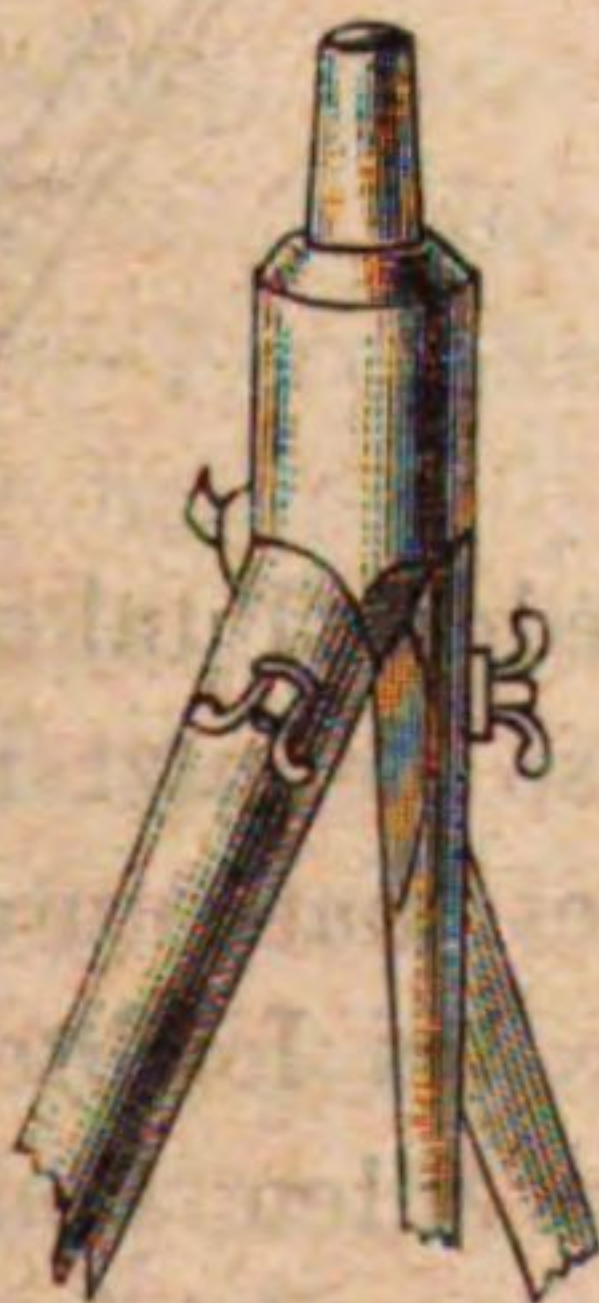


Fig. 83.

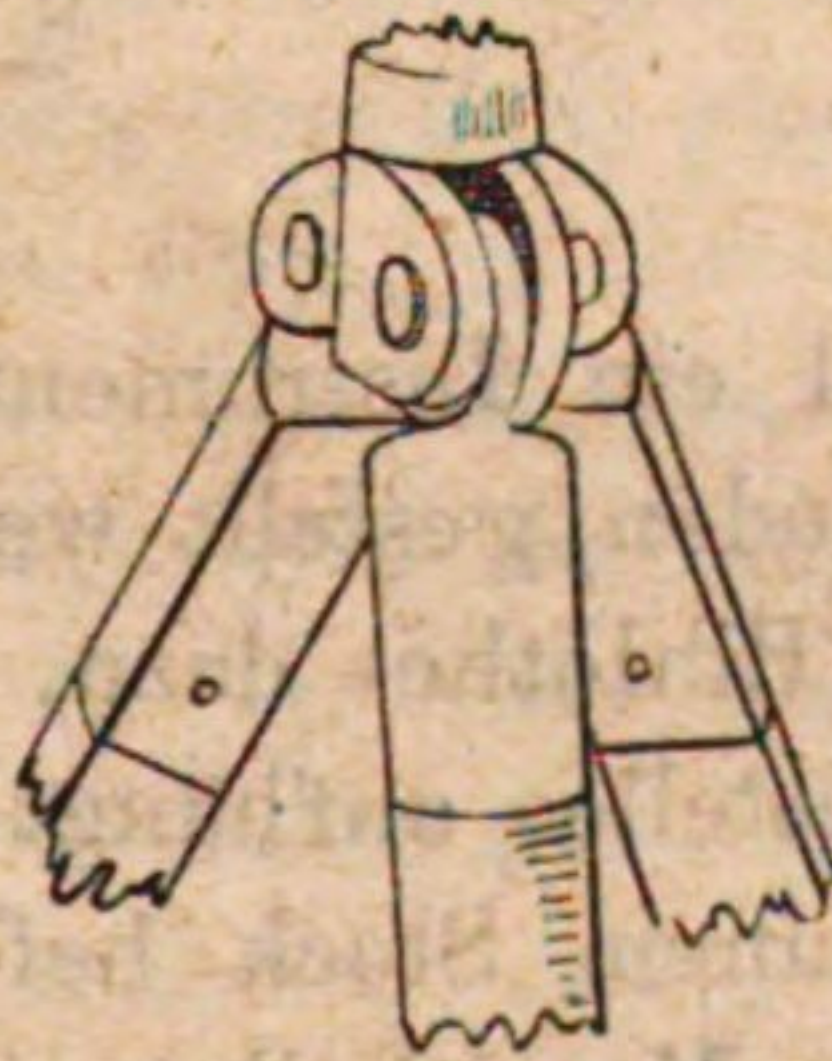


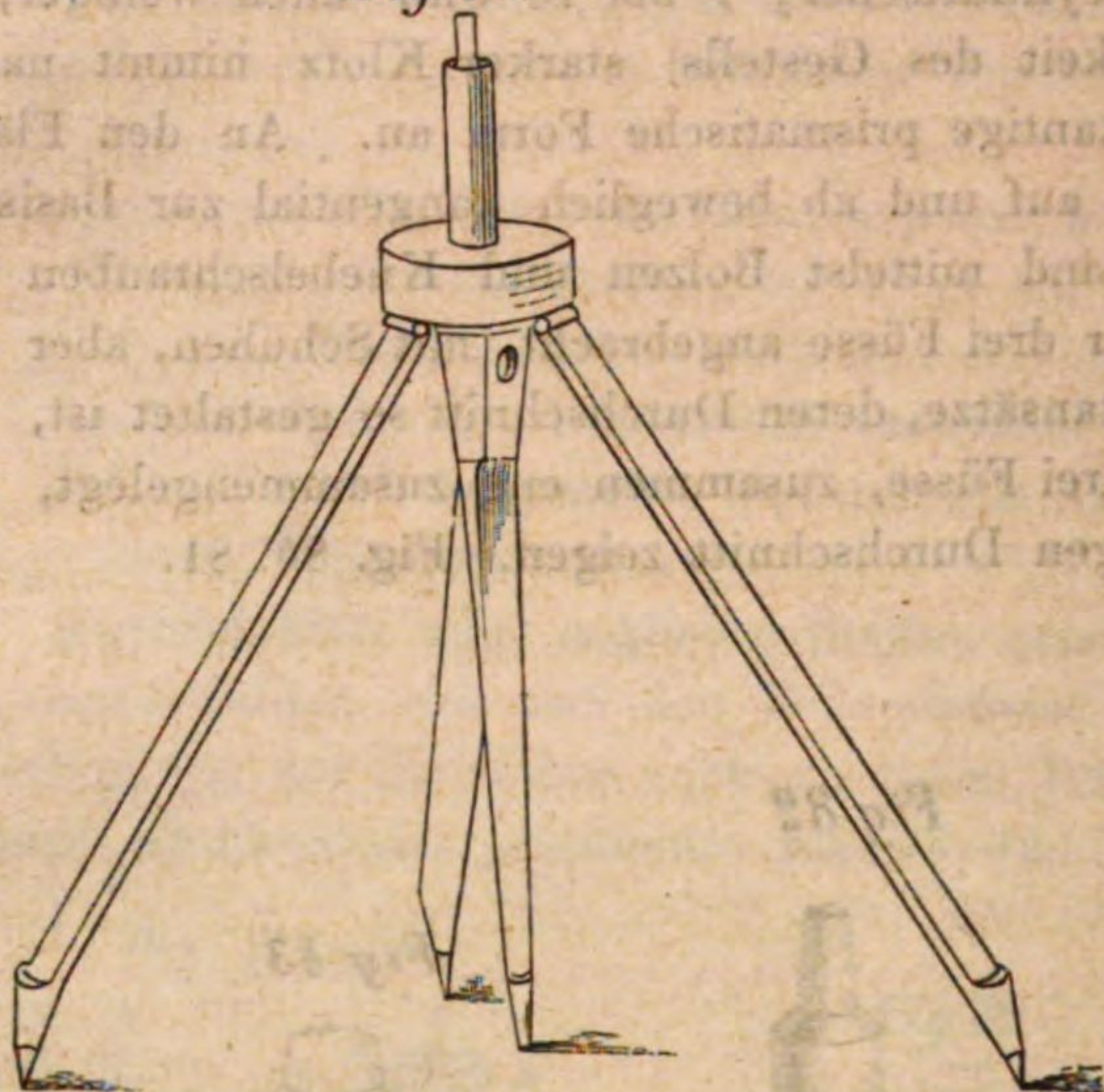
Fig. 84.



Zum Aufsetzen eines Instruments endigt der Klotz oben gewöhnlich als conischer Zapfen, auf den dann eine Hülse, Fig. 82, an der unteren Seite des aufzusetzenden Apparats passt. Seltener befestigt man auf seiner Oberfläche, die dann oben abgesägt ist, eine Metallplatte mit Holzschraube, die den Apparat zu tragen hätte.

Häufig vorkommende, leicht verständliche Constructionen finden wir in Figur. 83. 84. Bei weniger genau zu stellenden leichten Instrumenten begnügt man sich oft sogar mit dem einfachen Stock, der in die Erde gestossen wird.

Fig. 85.



§ 98. Soll ein Instrument an jedem Punkte gleich hoch über dem Erdboden gestellt werden, so benutzt man entweder die Länge des Einlothes dazu, welches man unter dem Teller etc. des Fussgestelles aufhängt, oder bei leichten Instrumenten, die auf einem Stock befestigt werden können, schiebt man diesen mit Metertheilung versehenen Stock auf dem Tellerstativ auf und ab und klemmt ihn mittelst Schraube fest. Die Construction ist aus der Fig. 85 ersichtlich. Das Auf- und Niederschieben des Stockes kann auch mittelst Mikrometerschraube geschehen.

Zehntes Kapitel.

Grundsätze für die Art der Zusammensetzung der Theile zu einem Ganzen.

§ 99. 1. Da bei der Vermessung je nach ihrem Zweck auf die Genauigkeit der Messung der verschiedenen Einzelgrößen ein verschiedener Werth gelegt werden muss, so ergibt sich hieraus auch eine verschiedenartige Zusammensetzung der einzelnen bekannten Theile zu ganzen Vermessungsapparaten.

2. Ein Instrument, welches nach einer bestimmten Richtung hin genaue Resultate geben soll, muss in den Mitteln, die hierfür angewendet werden, die exacteste logische Harmonie zeigen. Was nützt z. B. bei einem Instrumente, durch welches eine Visirlinie horizontal gestellt und beobachtet werden soll, eine feine Libelle von 100 M. Krümmungsradius, wenn die feine Bewegung der Libelle fehlt oder wackelig ist, oder wenn die Visirlinie nicht durch ein möglichst feines Fernrohr, sondern eine ganz gewöhnliche Diop-tervorrichtung hergestellt ist. So sind für Messungen der Neigung von geböschten Linien: das Fernrohr, dessen Visirvorrichtung, Vergrößerung, Centrirung etc., die Libelle, die feine Bewegung der Fernrohraxe, der Nonius, an welchem die Stellung der Axe gemessen wird, Dinge, die in solchem logischen Zusammenhange stehen müssen. Das + an Genauigkeit des einen wird oft durch das — bei dem andern völlig gleichgültig und nutzlos gemacht.

3. Jedes Instrument hat Fehler, da dasselbe menschliche Arbeit ist und aus leicht veränderlichen Stoffen besteht. Um aber die berechenbaren Fehler controlliren und corrigiren zu können, ist es Sache des Mechanikers, sich über den Specialzweck der Instrumente völlig in's Klare zu setzen, und die möglichen, die Arbeit im Wesentlichen beeinflussenden Fehler berücksichtigend, durch geniale Construction die Fähigkeit des Instruments zur Controlle und Correctur während

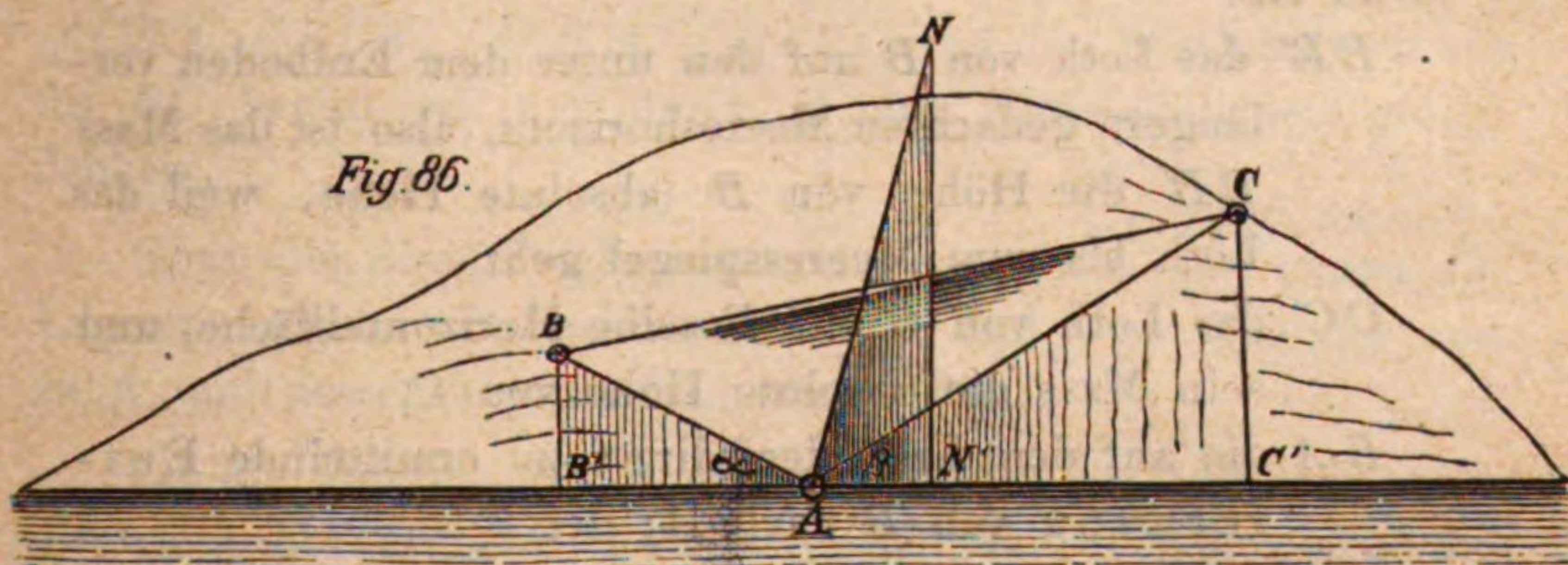
der Arbeit selbst durch den Arbeiter zu erhöhen. Dagegen ist es Sache des Arbeiters, sich von der Bedeutung und Gebrauchsart der Controll- und Correctureinrichtungen (gewöhnlich Correcturschrauben) eingehend zu überzeugen, sie wissenschaftlich zu erlernen. Nur oberflächliche Kenntniss kann grade bei einem besonders controllfähigen Instrument zum Schaden des Instruments und der Arbeit gereichen. Von besonders hoher Bedeutung für die Wirkung der Controlle und Correctur ist die **Wahl und Innehaltung einer streng logischen richtigen Reihenfolge der Controll- und Correcturarbeiten.** Kennt der Aufnehmer sein Instrument genau und die Fehlergrenze für seine Arbeit, so wird es ihm möglich sein, auch mit fehlerhaftem Instrument dennoch richtig zu arbeiten.

III. Abschnitt.

Motive der Vermessungskunst und Eintheilung der Instrumente.

Erstes Kapitel.

Allgemeine Motive für die Vermessungskunst und Folgerungen.



§ 100. Denken wir uns auf der mit Unebenheiten bedeckten Erdoberfläche einen Punkt A (der Einfachheit halber grade auf dem Spiegel des Meeres) und die beiden in verschiedenen Richtungen und Höhen liegenden Punkte B und C , und wir sollten die gegenseitige Lage der beiden Punkte zueinander und zu dem als Grundlage dienenden Punkt A nach den drei Dimensionen des Raumes so durchdringend wie möglich ermitteln — d. h. mit kurzen Worten die Lage und Dimension der Figur BAC vermessen, z. B. zu dem Zwecke der Darstellung derselben in einer verjüngten orthographischen Horizontalprojection, — so würden wir uns mit Hülfe der

stereometrischen Figur $BB'AC'C$ die hierzu nöthige Vorstellung verschaffen können. Diese Figur müssen wir uns aus dem Terrain herausgeschnitten denken, und zwar mittelst dreier vertikaler Schnitte durch BA , CA , CB und einen Horizontalschnitt durch A .

Sie wird begrenzt durch die Ebenen:

$B'AC'$,

CAC' ,

BAB' ,

BCA ,

$BB'C'C$.

Es sei nun $B'AC'$ die Horizontalebene für A , so dass A auf ± 0 absoluter Höhe läge; gleichzeitig bildet diese Ebene die Bildfläche (Projectionsfläche) für die Darstellung der Terrainpunkte A , B , C auf dem Plane.

Nun ist:

BB' das Loth von B auf den unter dem Erdboden verlängert gedachten Meereshorizont, also ist das Mass BB' die Höhe von B (absolute Höhe, weil das Loth bis zum Meeresspiegel geht),

CC' das Loth von C auf dieselbe Horizontalfläche, und sein Mass die absolute Höhe von C ,

BA die auf dem Erdboden direct zu ermittelnde Entfernung von B nach A ; der

$\angle BAB' = \alpha$ das Mass der Böschung der Linie BA .

$\angle BAB'$ ist ein Vertikalwinkel.

Die Vertikalwinkel theilen wir in Elevationswinkel und Depressionswinkel. Bei beiden ist einer der beiden Schenkel horizontal, bei den ersteren liegt der geböschte Schenkel über, bei den andern unter dem horizontalen Schenkel. Beide Schenkel liegen in einer Vertikalebene. Hier haben wir es mit einem Elevationswinkel zu thun.

$B'A$ ist die mittelst lothrechter Sehlinien auf die Horizontalebene zurückgeführte orthographische Horizontalprojection (Grundriss) von BA .

CA ist die auf dem Erdboden direct zu ermittelnde Entfernung von C nach A ; der Elevationswinkel

$\angle CAC = \beta$ ist das Mass der Böschung von C nach A .

$C'A$ ist die orthographische Horizontalprojection der Linie CA .

$\angle BAC$ ist der natürliche schiefe Winkel, unter welchem die beiden Linien BA und AC in der Natur sich treffen.

$\angle B'AC'$ ist die auf die Horizontalebene reducirte orthographische Horizontalprojection des $\angle BAC$.

Solcher Winkel, dessen Spitze und beide Schenkel in einer Horizontalebene liegen, heisst ein Horizontalwinkel. Diesen speciell würde man den Horizontalwinkel zwischen AB und AC nennen.

Ausserdem lassen sich entsprechend erklären: BC , $B'C'$, $\angle CBA$, $\angle BCA$, $\angle C'B'A$, $\angle B'C'A$, und den Böschungswinkel für BC (wenn wir uns durch B eine Horizontalebene gelegt denken).

Sind alle diese Stücke ermittelt, so erhält man genau die Lagenverhältnisse der beiden Punkte B und C zu einander und zu A und dessen Horizontalebene.

Ist die absolute Höhe des Punktes A (wie hier angenommen ± 0) bekannt, so ist diese hiermit auch für B und C ermittelt. Ferner ist durch Ermittlung dieser Stücke auch der Grundriss $AB'C'$ der Figur ABC gegeben (und zwar nach dem Projectionsgesetz verändert, wonach jede Linie nach Massgabe ihrer Böschung verkürzt erscheint. Es fehlt jetzt nur noch die Beziehung der Figur ABC zu den Weltgegenden. Hierzu bedürften wir die vertikale Meridianebene NAN' , die A durchschneidet, als Normalebene, und würden durch die Horizontalwinkel $N'AB'$ und $N'AC'$, welche dieselbe mit der AB' und AC' im Horizont $B'AC'$ bildet, finden. Diese Winkel nennen wir das Azimuth von AB und AC , und zwar ist es hier speciell für AB westliches, für AC östliches Azimuth.

§ 101. Es sind also zur Ermittlung vorhanden:

- a) die Längen BA , $B'A$, CA , $C'A$,
- b) die Höhen BB' und CC' ,
- c) der schiefe Winkel: BAC ,
- d) der Horizontalwinkel: $B'AC'$,
- e) die Vertikalwinkel: BAB' und CAC' ,
- f) die horizontalen Azimuthwinkel: $N'AB'$ und $N'AC'$.

Ferner, aber nur zur Ergänzung und Controlle der vorigen dienend:

die directe Entfernung BC in der Natur, deren Projection, Böschung und Azimuth, die schiefen Winkel CBA und BCA , und deren Projection, die Horizontalwinkel $C'B'A$ und $B'C'A$.

Sind alle diese Grössen bestimmt, d. h. gemessen, so controllirt das Mass der einen das der andern, und die Figur $BB'ACC'$ ist unwandelbar mathematisch als ein geographisch und geodätisch einzig dastehendes und aufzufindendes Stück der Erde festgestellt und als solches darstellbar.

§ 102. Werden durch die Arbeit diese Grössen nur durch die arithmetischen Zahlen ihrer Raummasse ausgedrückt, so haben wir die geometrische Vermessung der Figur ABC .

Werden ihre natürlichen Masse sichtbar durch die geometrische Figur, durch Zeichnung gegeben, so ist die Vermessung eine graphische gewesen.

Wird die graphische Vermessung der natürlichen Längen und Winkel (AB , AC , $\angle ABC$) durch die Gesetze der orthographischen Projection auf die Horizontalebene als Bildfläche, (in verkleinertem Massstabe natürlich), zurückgeführt, so haben wir die topographische Vermessung der Figur ABC .

Allgemeine Aufgabe für die Vermessungskunst.

§ 103. Denken wir uns nun im Terrain unseren Aufstellungspunkt (Stationspunkt) in A , diesen Punkt nach seinem Lagenverhältniss auf der Erde uns genau bekannt und darstellbar, und wir sollten von da aus die Figur ABC genau vermessen und

darstellen, so würde es zur Lösung dieser Aufgabe im Wesentlichen darauf ankommen, von dort ausgehend, die beiden Punkte B und C nach ihrem Lagenverhältniss zu A , also auch zueinander, sowohl in der Natur, wie auch in der Darstellung (also in der Projectionsebene BAC') festzustellen.

§ 104. Ortsbestimmung eines Punktes, wenn ein anderer bereits örtlich bestimmt und gegeben ist, welcher als Standpunkt dient.

Es würde dann die Bestimmung des Punktes C durch die der Eigenschaften der AC , und des Punktes B durch die der Eigenschaften der AB geschehen. (Länge, Böschung, Weltrichtung.)

Sei der Punkt B der zunächst zu bestimmende:

1. Um die Entfernung von B nach A in der Natur zu erkennen, bedürfen wir der Längenmessung [mit Hülfe der Längenmesser oder Distanzmesser].
2. Um die Entfernung in der Projection von B nach A , das heisst also die Länge $B'A$ zu erhalten, kann unter Umständen ein directes Messungsverfahren angewendet werden [mittelst wagerecht zu legender Massstäbe], in der Regel aber wird AB' nach den Projectionsgesetzen durch die Formel

$$AB' = AB \cos \alpha \quad (1)$$

des rechtwinkligen Projectionsdreiecks ABB' gefunden. Hierzu würde es mithin der Messung von AB und des Winkels α bedürfen. Auch durch ein graphisches Verfahren kann dasselbe erreicht werden.

3. Soll nur die Böschung der Linie AB ermittelt werden, so bedarf es also des Vertikalwinkels α [mit Hülfe von Vertikalwinkelmessinstrumenten].
4. Um die Höhe des Punktes B über A , mithin der Linie BB' zu ermessen [die Arbeit selbst heisst Nivelliren], können zwei Wege eingeschlagen werden:
 - a) der geometrische, durch directe Messung der BB' von A aus (geometrisches Nivellement) [mit Hülfe von Nivellirinstrumenten];

b) der trigonometrische (trigonometrisches Nivellement) durch die Formel des Profilsdreieckes ABB' (Fig. 86)

$$BB' = AB \sin \alpha \quad (2) ,$$

$$BB' = AB' \operatorname{tg} \alpha \quad (3) .$$

Zur Berechnung von BB' durch Formel (2) bedürfen wir der Längenmessung von A nach B und des Winkels α [also Vertikalwinkelmessinstrument]. Zur Berechnung von BB' nach Formel (3) bedarf es der Länge AB' und des Vertikalwinkels. AB' wird nach Passus 2 durch trigonometrisches oder graphisches Verfahren gefunden.

5. Um endlich die Weltrichtung der AB zu ermitteln, bedürfen wir des Horizontalwinkels $N'AC'$, den ihre Projection mit der Meridianebene für A bildet [man nennt dies auch wohl: die Linie AB nach dem Meridian von A orientiren]. Wir bedürfen hierzu jedenfalls eines Horizontalwinkelmessinstruments.

Der Punkt C lässt sich nun in ganz derselben Art festlegen (d. h. ermitteln).

Sehr häufig verfährt man aber derart, dass man die ermittelte AB als Grundlage für die Vermessung von C benutzt.

Um aber die Richtung der AC in Bezug auf die AB zu finden, bedarf es

1. des Horizontalwinkels $B'AC'$ [mit Hülfe eines Instruments zum Horizontalwinkelmessen].
2. Wenn man den Horizontalwinkel nicht direct ermitteln kann, begnügt man sich mit dem schiefen Winkel BAC , den man aber, um die Richtung der AC wirklich auf die Vertikalebene der AB oder auf die Meridianebene für A beziehen zu können, auf $B'AC'$ projiciren muss [was meist durch ein graphisches Verfahren geschieht, durch Projection der Schenkel für sich].

Das Höhenverhältniss zwischen Punkt B und C würde sich durch den Vergleich der Messungs-(Nivellements-)resultate von A aus nach B und von A aus nach C ergeben.

§ 105. Die Lagenverhältnisse der drei Punkte zueinander würden sich auch durch eine Vermessung ergeben, die man von A aus fortschreitend über B und C unternehmen würde, so dass man seinen Stationspunkt an den drei Punkten nähme. Hierbei müsste sich die Messung von einem Punkte aus im Wesentlichen auf die Messungsergebnisse der eben verlassenen Station stützen, es würde zur Ermittlung der ebenen Figur ABC namentlich eine genaue Messung der schiefen Winkel, resp. ihrer Projectionen nothwendig sein, ferner eine genaue Längenmessung auf den Seiten, sowie ein Nivellement von Standpunkt zu Standpunkt.

Ortsbestimmung eines Standpunktes, wenn ein, zwei oder mehr andere gegeben sind.

§ 106. Bisher haben wir angenommen, dass der Standpunkt A uns in jeder Beziehung bekannt und in der Darstellung gegeben sei. Wäre dies nun nicht der Fall, sondern umgekehrt, die beiden Punkte B und C oder nur einer hiervon, oder auch noch ein dritter Punkt D seien als bekannt und in der Projection dargestellt oder wenigstens darstellbar gegeben, so würden auch jetzt, um die Lagenverhältnisse des Punktes A zu diesen bekannten Punkten (Normalpunkten) aufzufinden, eventuell darzustellen, keine anderen als die bereits erörterten Raumgrößen zu ermitteln nothwendig sein. Es würde nur das Verfahren, entsprechend der entgegengesetzten Voraussetzung, ein entgegengesetztes sein müssen.

Bezugnahme auf die Specialaufgaben der Vermessungskunst.

§ 107. 1. In sehr vielen Specialfällen der der Vermessungskunst zufallenden Aufgaben kommt es nicht darauf an, alle die erörterten Raumgrößen zu kennen. 2. Man legt ausserdem in manchen Fällen mehr Gewicht auf das eine wie das andere Resultat. 3. Man bedarf nicht immer der Darstellung der

aufgefundenen Grössen. 4. In anderen Fällen dagegen, wie namentlich bei der topographischen Vermessung (Aufnahme) kommt es uns darauf an, alle irgend möglichen Beziehungen von Punkten und Linien zu kennen und zur Darstellung zu bringen.

Schlussfolgerung.

Elementaraufgaben der Vermessungskunst.

§ 108. Wir können nunmehr für die Vermessung von Raumgrössen auf der Erdoberfläche folgende Aufgaben aufstellen:

A. Bestimmung von Punkten.

1. Wenn bereits ein Punkt im Horizont desselben gegeben ist*), so ist die Lage eines zu suchenden Punkts festgestellt

durch die Länge und Weltrichtung der Verbindungslinie beider.

Es muss also eine Längenmessung und eine Azimuthalmessung, also Horizontalwinkelmessung erfolgen, und der Meridian des einen Punktes hierzu gegeben sein, — wenn nicht: gesucht werden.

2. Liegen beide Punkte nicht in demselben geodätischen Horizont, so ist ausserdem

a) die Böschung der Verbindungslinie, also ein Vertikalwinkel, oder

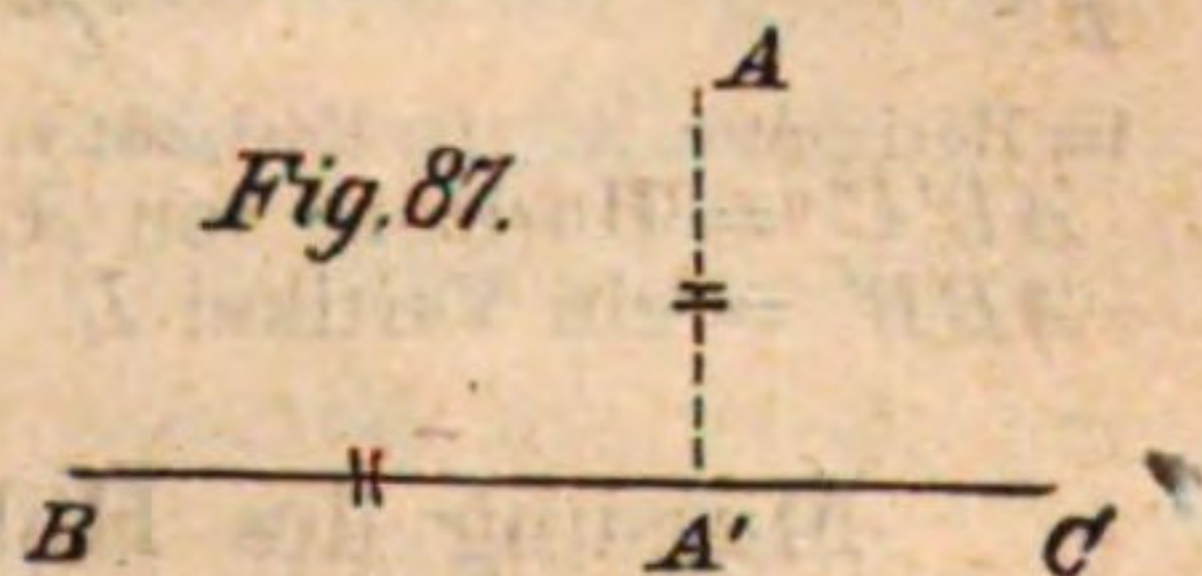
b) der Höhenunterschied direct zu messen.

*) Die Bestimmung von Punkten der Erdoberfläche ohne jeden geometrischen Anhalt auf der Erde selbst fällt in das Gebiet der höheren Geodäsie und der Astronomie, kommt hier also ausser Betracht. Doch mag es nicht unerwähnt bleiben, dass man heutzutage mit verhältnissmässig geringen Mitteln im Stande ist, jeden Punkt der Erdoberfläche mit annähernder Genauigkeit zu bestimmen. Es gehört hierzu nur: ein Spiegelsextant nebst Quecksilberhorizont (für Ermittlung der geographischen Breite aus der Polhöhe), ein Chronometer (für Ermittlung der geographischen Länge aus der Zeitdifferenz), ein Aneroidbarometer (für Ermittlung der absoluten Höhe), alles Instrumente, die jeder Reisende bequem in der Tasche tragen kann.

3. Wenn zwei Punkte B und C (im Horizont des zu bestimmenden) gegeben sind, so kann der Punkt A mittelst dreier Methoden gefunden werden:

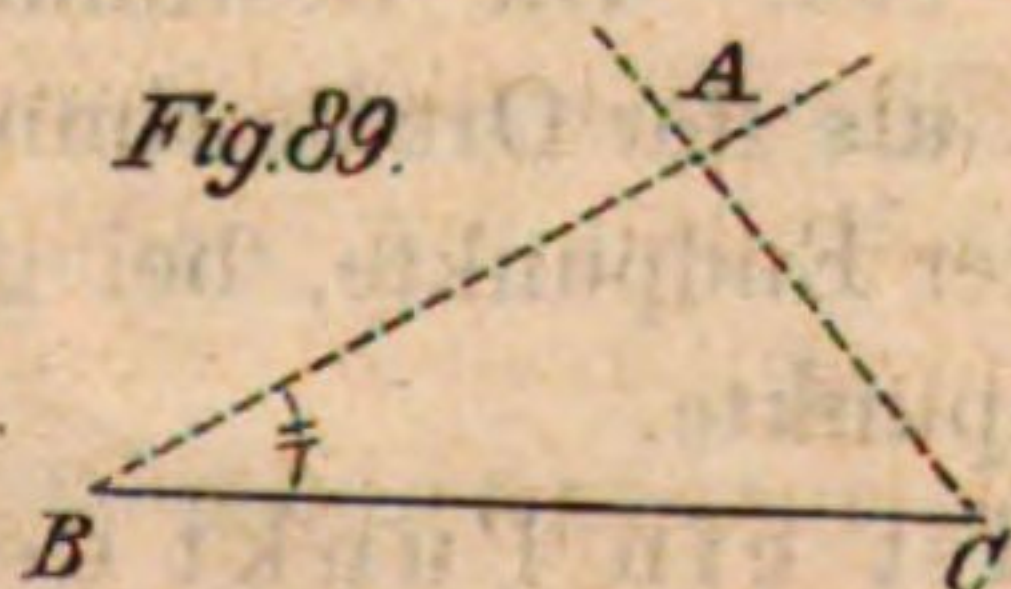
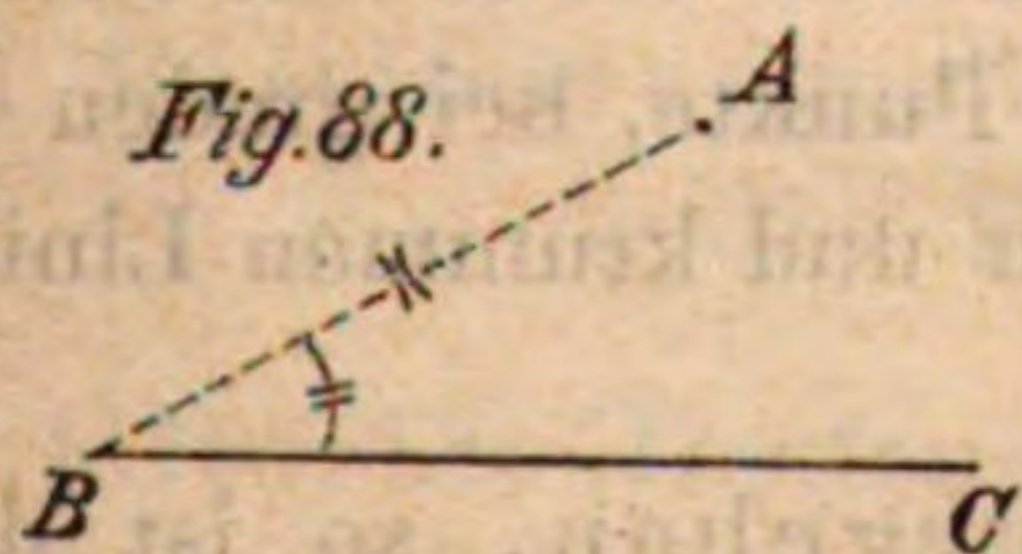
a) durch die Coordinatenmethode.

BC ist bekannt. Der Punkt A wird seiner Lage zu BC nach gegeben durch die Länge des Perpendikels (Ordinate) von ihm aus auf die BC und die Länge des Stückes $A'C$, oder AB vom Treffpunkt des Perpendikels bis zum Endpunkt des BC . Also Messung zweier Längen und eines rechten Winkels nöthig;



b) durch Abschneiden und Messen.

Der Punkt A ist bestimmt durch den Winkel ABC an der Grundlinie BC und die Länge des Schenkels AB .



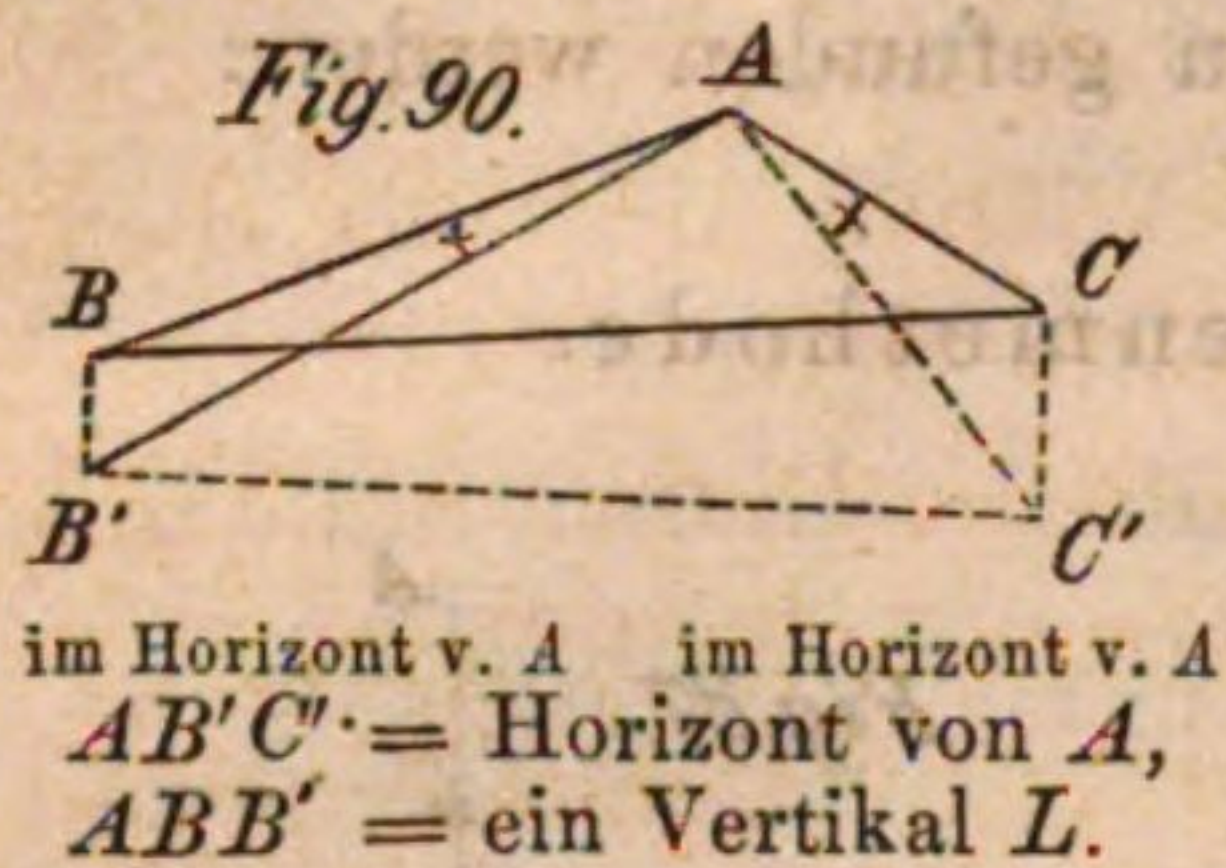
Also Messung einer Länge und eines Horizontalwinkels nöthig;

c) durch Abschneiden von zwei Punkten.

Der Punkt A ist bestimmt durch die Länge von BC als Basis und die Grösse der Basiswinkel bei B und C . Also eine Längenmessung und zwei Winkelmessungen nöthig.

4. Wenn die Punkte in verschiedenen geodätischen Horizonten liegen, so kann die Uebertragung der Lage des Punktes A zu B und C auf einen gemeinschaftlichen Horizont nothwendig werden. Es muss dann erst C und B auf einen gemeinschaftlichen Horizont gebracht werden, wozu also zwischen B und C eine Ver-

Verticalwinkelmessung nothwendig wird, damit man aus der Formel $BC \cos \alpha$ die Horizontallinie für BC finde, und



dann muss der Höhenunterschied des Punktes A und die Horizontallinie von dort gegen einen der beiden gegebenen ermittelt werden.

Dies geschieht also durch das Nivellement entweder trigonometrisch oder geometrisch durch unmittelbare

Messung des Höhenunterschiedes und der Horizontallinie von einem Punkt zum andern.

Anmerkung. Ist der zu suchende Punkt der Aufstellungs(Stations-)punkt des Beobachters, so heisst die Operation, welche zur Bestimmung des Stationspunkts nöthig ist, eine indirecte (in diesem Falle Stationiren nach einem Punkt), ist der bekannte Punkt der Stationspunkt des Beobachters, so ist die Operation eine directe.

B. Bestimmung von Linien.

§ 109. Die Bestimmung von Linien beruht in nichts anderem als der Ortsbestimmung ihrer Punkte, bei graden Linien also der Endpunkte, bei gebrochenen und krummen Linien der Bruchpunkte.

1. Ist ein Punkt der Linie gegeben, so ist dieselbe bestimmt durch die Länge, die Weltrichtung, die Böschung, also durch eine Längenmessung, eine Azimuthalmessung, eine Verticalwinkelmessung.
2. Ist eine Linie gegeben, so ist die Lage einer andern Linie zu ihr bestimmt durch die Bestimmung eines Punktes der gesuchten Linie nach seiner Lage zu der gegebenen und demnächst die Messungen wie ad 1 von jenem Punkt aus.
3. Treffen sich beide Linien in einem Punkt, so ist die gesuchte Linie bestimmt durch den Horizontalwinkel zur gegebenen, den Verticalwinkel zum Horizont des gegebenen Punktes, die Längenmessung.

C. Bestimmung von Flächenräumen.

§ 110. a) Allgemeines. Bedeutende Flächenräume (von mehreren Quadratmeilen) können nicht als eben, sondern müssen als sphäroidisch gestaltet behandelt werden, ihre Begrenzungslinien sind dann geodätische Linien, und ihre Vermessung dem Gebiet der höheren Geodäsie zufallend.

Kleinere Flächenräume (unter 1 Quadratmeile etwa), die mit dem Horizont zusammenfallen, können als eben betrachtet werden.

Zur Bestimmung ebener, horizontaler Flächenräume auf der Erde bedarf es nur der Ermittlung ihrer horizontalen Dimensionen, mithin Bestimmung ihres Umfangs. Horizontalgestaltung.

Schiefe und unebene Flächen sind dadurch allein nicht bestimmt; es bedarf vielmehr noch der Ermittlung der Höhenunterschiede, der Punkte innerhalb derselben, und der Böschungswinkel ihrer Linien, Vertikalgestaltung.

b) Bestimmung der Horizontaldimensionen der Flächenräume.

§ 111. Die Bestimmung beruht wiederum nur auf der Festlegung der Bruchpunkte des Umfangs und einer Dreieckstheilung und Messung von 1 oder mehreren Punkten aus. Diese kann geschehen:

1. von einem gegebenen Punkt innerhalb oder ausserhalb der Fläche aus; dann heisst das Verfahren: Polar- oder Centralmethode;
2. von einer graden Linie innerhalb oder ausserhalb der Fläche mittelst der bekannten Coordinatenmethode;
3. von den beiden Endpunkten einer gegebenen gemessenen graden Linienbasis aus durch die Abschneidemethode, geometrische Netzlegung;
4. durch Bestimmung der Umfangslinie nach Länge ihrer Bruchstücke und Grösse der Peripheriewinkel: durch die Perimeter- oder Umfangsmethode:

5. durch Zerlegung in beliebige Dreiecke und Vermessung derselben in sich, Triangulation.

c) Die Bestimmung der vertikalen Dimensionen
der Flächenräume

geschieht durch das Nivellement der Punkte untereinander und Beziehung ihrer Höhenunterschiede auf einen gemeinschaftlichen Nullhorizont, der beliebig angenommen werden kann.

§ 112. Je nach der geforderten Genauigkeit der Vermessung und eventuell des daraus resultirenden Terrainbildes unterscheiden wir in der Vermessungskunst die *correcte* oder *Präcisionsvermessung* und die *flüchtige Vermessung*.

So unterscheiden wir für das Nivellement das oberflächliche und das Präcisionsnivellement; für die topographische Vermessung oder Terrainaufnahme: die *correcte Aufnahme*, das *Croquieren*, das *Skizziren*.

Zweites Kapitel.

Das Wesen der topographischen Vermessungskunst.

Begriff und Zweck der topographischen Aufnahme.

§ 113. Was man unter topographischer Vermessung oder Terrainaufnahme im Allgemeinen zu verstehen hat, haben wir bereits weiter oben erklärt.

Das heutige Verfahren der Terrainaufnahme im Wesentlichen ist das, dass man nach und nach auf verschiedenen Punkten des Terrains einen Tisch, dessen Platte zum Zeichnen vorbereitet war, aufstellt und von hier aus die Distancen und Horizontalwinkel der Terrainlinien misst, die vom Tisch aus beobachtet werden konnten, dann diese Winkel auf der Mess-tischplatte aufträgt, die Distancen nach bestimmten Verjüngungs-(Verkleinerungs-)coefficienten abträgt, auch einige Böschungen und die Höhenunterschiede der Terrainpunkte gegen

den Aufstellungspunkt, Stationspunkt ermittelt, die sofort auf der Tischplatte an den sie betreffenden Punkten eingetragen werden. Wenn eine genügende Menge von Punkten nach geogr. Lage und Höhe auf der Tischplatte aufgezeichnet sind, so werden sie an Ort und Stelle zu den dem Terrain entsprechenden Figuren verbunden und man erhält so ein verkleinertes Bild der Terrainfläche, einen Plan.

§ 114. Durch die topographische Vermessungskunst oder die Terrainaufnahme beabsichtigt man also an Ort und Stelle selbst das verjüngte Bild eines Terrainabschnittes auf einer ebenen Fläche nach mathematischen Gesetzen ähnlich, so anzufertigen, dass man

1. das Terrain als solches in seinen Formen wiedererkennt,
2. Abmessungen auf demselben vorgenommen werden können, die denen in der Wirklichkeit an Genauigkeit möglichst wenig nachstehen.

Anforderungen an die Aufnahme. Daraus zu folgernde Arbeiten.

§ 115. Die Hauptanforderungen an ein durch topographische Aufnahme entstandenes Terrainbild sind daher:

geographisch richtige Wiedergabe der Lagenverhältnisse aller Punkte der Erdoberfläche zu einander auf dem Papierblatt. Abmessbarkeit ihrer Entfernungen von einander nach einem einheitlichen verjüngten Massstabe. Gleiche Grösse der dargestellten mit den in der Natur befindlichen, durch die Richtungslinie von einem Punkte zu mehreren anderen gebildeten Horizontalwinkeln; hieraus resultirend geometrische Aehnlichkeit der horizontalen Figuren auf der Darstellung im Plane mit denen der Natur. Lesbare genaue, mathematisch zu folgernde Darstellung der Höhenverhältnisse aller Punkte der Erdoberfläche zu einander.

§ 116. Nach der Genauigkeit der Resultate und der Strenge der Anforderungen unterscheiden wir in der topographischen Vermessungskunst die correcte Landesaufnahme, die

flüchtige Aufnahme oder das Croquieren, und die Skizze. (Entwurf in den allgemeinsten Zügen.) Für erstere bedürfen wir der genauesten und zuverlässigsten Aufnahmeinstrumente, für das Croquieren genügen unvollkommene Längen- und Winkelmessungen, für das Skizziren im Allgemeinen nur das Augengmaß. Wir werden uns hauptsächlich mit ersterer Art beschäftigen, die andere nur gelegentlich erwähnen und näher berühren.

§ 117. Aus alle dem resultiren für die topographische Vermessung folgende Arbeiten:

1. Messung der Länge aller Linien,
2. Messung der durch ihre Richtungen gebildeten Horizontalwinkel,
3. Höhenbestimmung der Punkte,
4. Böschungsbestimmung der Linien,
5. Uebertragung von Punkten und Linien auf die horizontale Bildfläche (Projicirung),
6. Orientirung des dargestellten Terrainabschnittes nach Massgabe der Wirklichkeit, d. h. es muss die Weltlage jedes Punktes und die Weltrichtung jeder Linie nach Möglichkeit auf dem Bilde zu finden sein; durch geeignete Bezugnahme auf das Gradnetz der Meridiane und Parallelkreise. Die Grundarbeit für das Letztere ist eine Sache der höheren Geodäsie, besonders der sogenannten Landestriangulirung, und entnimmt die niedere Geodäsie aus deren Arbeitsresultaten die nöthigen Angaben.

§ 118. Bei den zusammenhängenden Vermessungen (Aufnahmen) ganzer Ländercomplexe muss sich die niedere Vermessungskunst überhaupt auf die Ortsbestimmungen und Höhenbestimmungen stützen, welche durch die höhere Vermessung der Landestriangulation bewirkt werden, als erste feste unzweifelhafte Grundlage der Darstellung.

§ 119. In vielen Einzelfällen, Aufnahmen kleiner Terrainabschnitte, ist ein Recurriren auf die Daten der höheren Vermessung nicht möglich. Je nachdem eine selbständige oder eine auf Triangulation beruhende Aufnahme beabsichtigt ist,

wird das Verfahren bei der Aufnahme sich in einigen Punkten modificiren müssen, im Wesentlichen aber nicht. —

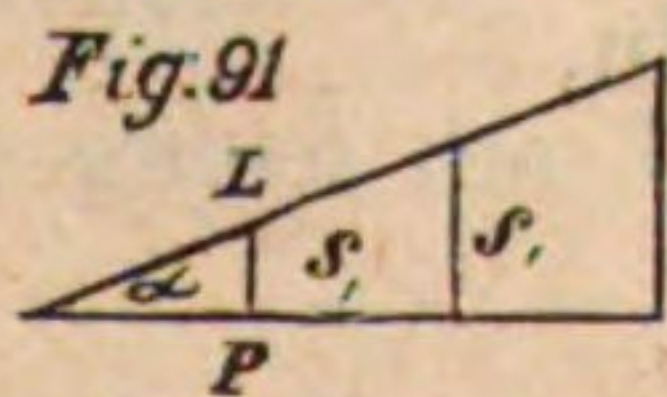
Beziehung der Aufnahme zur Projectionslehre.

§ 120. Im Grunde genommen ist jede Aufnahme nichts Anderes, als eine stete praktische, oft mechanische, Nutzanwendung der Gesetze der orthographischen Horizontalprojection, welche in Kürze hier angegeben seien:

Denkt man sich die Punkte eines darzustellenden Terrainabschnittes durch parallele Strahlen mit einer über oder unter demselben liegenden Horizontalfläche verbunden, so dass die Strahlen also ebenso viel Lothe auf die Horizontalfläche bilden, so wird nach Verbindung all der Durchgangspunkte dieser Lothe auf der Horizontalfläche ein Bild des Terrainabschnittes entstehen, welches wir eine orthographische Horizontalprojection oder einen geometrischen Grundriss nennen.

In diesem Bilde sind folgende Eigenthümlichkeiten zu bemerken, welche als Resultate der Projection in einigen Sätzen zusammengefasst seien:

1. Jeder Punkt des Terrainabschnitts erscheint auf der Horizontalfläche wieder als Punkt.
2. Jede begrenzte grade Linie erscheint in der Horizontalfläche um so mehr verkürzt, als ihre Böschung im Terrain sich einem Winkel von 90^0 nähert; die das Gesetz ausdrückende Formel heisst: $P = L \cos \alpha$, d. i. die Projection einer begrenzten graden Linie ist gleich der Linie selbst mal dem Cosinus ihres Böschungswinkels. Fig. 91.



s Projectionsstrahlen,
 P die Horizontalfläche,
 L die zu projectirende Linie,
 α der Böschungswinkel.

Auf diesem Satz beruht in sofern auch die Projection von krummen Linien, Ebenen und krummen Flächen, als sich jede derselben durch grade, begrenzte Linien bestimmen, also auch darstellen lässt.

3. Die Höhenunterschiede der Punkte des darzustellenden Terrainabschnittes verschwinden in der Bildfläche, da diese nur ein ebenes Bild zu geben im Stande ist. Daher ist eine anderweite Kenntlichmachung der Höhenunterschiede, ebenso der Böschungen der Linien in der Bildfläche nöthig.

Drittes Kapitel.

Eintheilung der Instrumente.

Vorbemerkung. Motive.

§ 121. Je nach dem Specialbedürfniss, je nach den verschiedenen vorhandenen physikalischen und mechanischen Mitteln zur Erreichung des Specialzweckes und endlich je nach der Bedeutung, welche die Genauigkeit in den Resultaten der Vermessung einnimmt, müssen auch die Instrumente verschieden zusammengesetzt und ausgestattet sein.

§ 122. Die in der niederen Vermessungskunst gebräuchlicheren Instrumente sind folgende:

- I. Instrumente zur Bezeichnung von Punkten auf dem Felde, Signalinstrumente,
- II. Instrumente zum Messen von Entfernungen auf dem Felde,
- III. Instrumente zum Messen von Höhen, Nivellirinstrumente,
- IV. Instrumente zum Messen von Winkeln, und zwar
 1. natürlichen schiefen Winkeln,
 2. Horizontalwinkeln,
 3. Vertikalwinkeln,
- V. Instrumente zum Auftragen von Massen der Natur auf die Bildfläche.

Einzelne der ad III bezeichneten Nivellirinstrumente sind auch mit Vorrichtungen versehen, welche sie als zur Classe IV gehörig stempeln. Die für topographische Vermessungen be-

nöthigten Instrumente sind meist derartig ausgestattet, dass man in ihnen mehrere der erwähnten Kategorien vereinigt findet.

§ 123. Die grösste Mannigfaltigkeit in Bezug auf das verwendete mechanische und physikalische Material zeigen die Instrumente zum Messen von Winkeln. Wir rechnen zu diesen :

a) Horizontalwinkelmesser.

1. Die unvollkommenen Winkelmesser.
2. Die Boussoleninstrumente.
3. Die Theodolithen- und Universalinstrumente.
4. Die Messtische mit den Hülfsinstrumenten (Kippregel).

Die ersten drei geben die Resultate der Winkelmessung geometrisch, in Graden, Minuten, Secunden, die letzteren graphisch aufgetragen.

b) Vertikalwinkelmesser.

1. Die Böschungsmesser, Clitometer, Pendelquadranten, und das Lehmann'sche Bergdiopterlineal.
2. Die Kippregel.
3. Die Theodolithen und Universalinstrumente.
4. Einige der Nivellirinstrumente.

c) Instrumente zur Messung der natürlichen Winkel.

1. Die Spiegelsextanten, Spiegelkreise.
2. Die Reflectoren.

Erstere geben die Winkel geometrisch, letztere ausserdem graphisch.

Beide Spiegelinstrumente lassen sich ébensowohl als Horizontal- und als Vertikalwinkelmesser verwenden.

§ 124. Hieraus ergibt sich schliesslich die Theilung der Instrumente behufs ihrer Betrachtung wie folgt:

- I. Signalinstrumente,
- II. Längenmesser,
- III. Nivellirinstrumente,
- IV. Bussoleninstrumente,
- V. Spiegelinstrumente,
- VI. Messtische und Kippregeln,
- VII. Theodolithen,
- VIII. Zeichneninstrumente.

IV. Abschnitt.

Signalinstrumente.

Vorbemerkung.

Zweck derselben.

§ 125. Die Signalinstrumente haben den Zweck:

Punkte, Richtungen und Höhen in der Natur zu bezeichnen, entweder um sie als wichtig für geographische und geodätische Zwecke auf längere oder kürzere Zeit überhaupt erkennbar und auffindbar zu machen, — oder um, als Hülfe für die Visirung mittelst des Auges und des Fernrohrs, mathematische Punkte und Linien genau, schnell und leicht da zu versinnlichen, wo die Natur nicht selbst uns dieselben speciell sichtbar hervortreten lässt. Ein mathematischer Punkt muss auch durch das Signal möglichst genau als solcher dargestellt werden, sei es durch eine Spitze, oder den Mittelpunkt einer Kugel, durch den Schnitt zweier Striche, oder durch einen sichtbaren Punkt auf farbiger Fläche. Soll nur eine Richtung bezeichnet werden, in welcher man zu visiren hätte, so bedarf es nicht mehr eines Punktes als Signal, sondern einer lothrechten festen Linie (durch ein Bleiloth oder eine senkrecht gestellte Stange dargestellt), welche die Vertikalebene zu bezeichnen hat, die alle Linien gleicher Richtung vom Standpunkt des Auges aus aufnimmt. Zur Bezeichnung einer Höhe ist eine horizontale feste Linie nöthig (Strich oder Querstange), welche den Horizontalschnitt bezeichnet, in welchem alle Punkte der gegebenen Höhe liegen. Sehr häufig wird aber letzteres

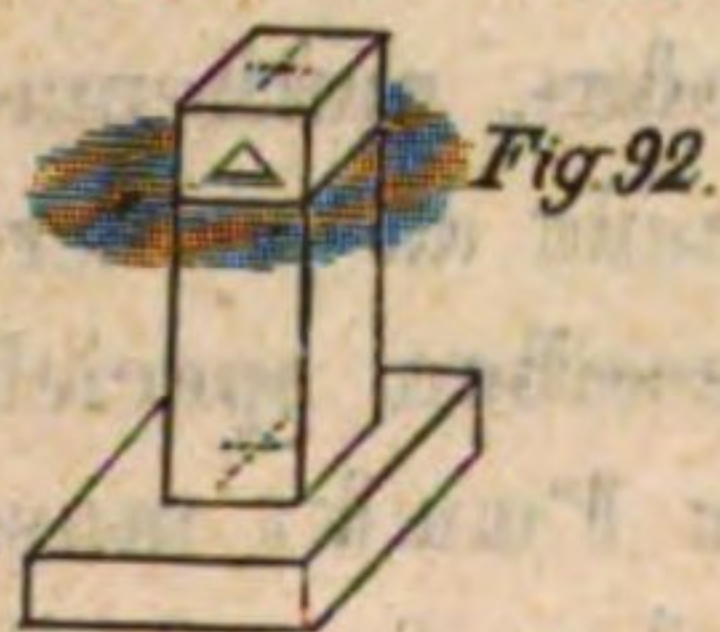
Signal als Punktsignal auftreten müssen, weil es beim Nivelliren gewöhnlich darauf ankommt, bestimmte Höhenpunkte anzuvisiren.

Erstes Kapitel.

Instrumente zur Bezeichnung von Punkten auf längere Dauer.

§ 126. Je genauer ein Punkt versinnlicht werden soll und je wichtiger der Punkt für längere oder alle Zeiten ist, um so dauerhafter und um so genauer muss das ihn bezeichnende Signal gearbeitet sein. Daher wendet man für die durch die Gradmessung und die Landestriangulation ermittelten Punkte bedeutenderer Wichtigkeit **steinerne Pfeilersignale** an. Die preussische Landestriangulation unterscheidet Pfeiler für Punkte 1. Ordnung und solche für 2. Ordnung. Es sind Steinpfeiler aus Granit, ihre Form aus der Figur ersichtlich. (Säulen mit quadratischem Querschnitt.) Der Stein, im Ganzen 1 Meter

Punkt I. Ordn.



II. Ordn.



hoch, ist mit $\frac{2}{3}$ seiner Höhe in die Erde eingesetzt. Die Unterlegeplatte bei Steinen 1. Ordnung dient dazu, jede Stellungenveränderung, namentlich das Sinken, zu verhindern. Das Kreuz auf der Unterfläche des

Steins wird genau auf ein entsprechendes Kreuz der Unterlage eingezapft, die Unterlage und der Stein selbst genau so eingelothet, dass der Schnittpunkt des fein gravirten Kreuzes auf der horizontalen Oberfläche auf das genaueste den zu bezeichnenden Punkt nach seiner horizontalen und vertikalen Lage darstellt.

Die obere Pfeilerfläche ist öfters so hoch, dass man ein Instrument darauf stellen und bequem daran arbeiten kann. Auf den Kreuzpunkt im Stein muss der Centralpunkt des Instruments stets vor der Arbeit eingelothet werden.

§ 127. Andere gebräuchliche Pfeilersignale sind in Obeliskform gebaut. In den Obelisk ist zuweilen lothrecht

ein kurzer cylindrischer Kupferstab fest eingelassen, auf dessen oberer ebener und horizontaler Schnittfläche, die mit der Oberfläche des Steins abschneidet, ein gravirtes Kreuz den zu bezeichnenden Punkt giebt. An den Pfeiler selbst ist auch wohl die geographische Lage des Punktes nach Graden, Minuten, Secunden der geogr. Breite und Länge und nach Fuss oder Metern absoluter Höhe eingemeisselt.

Zuweilen ist der Pfeiler in der Mitte der Oberfläche cylindrisch ausgehöhlt behufs Aufnahme eines senkrechten weiss oder schwarz gestrichenen $\frac{1}{2}$ M. langen Signalstabes.

§ 128. Soll die Lage eines Punktes, der auf der Erdoberfläche selbst liegt, oder nur wenig erhöht über ihr, weithin sichtbar gemacht werden, so bedarf es eines um so mehr erhöhten mechanisch dargestellten Punktes, je weiter die Beobachtungsstationen angenommen werden sollen. Dieser erhöhte Punkt muss aber durchaus in dem Lothe des zu signalisirenden Punktes liegen, und damit wenigstens die Richtungsebene für den Punkt angedeutet wird, das Loth durch eine **Stange** dargestellt werden. Ausserdem muss dem Beobachter die Höhe des Signalpunktes über dem zu signalisirenden bekannt sein, also die Stange, welche zu besserer Sicherheit mit Streben umgeben und gehalten wird, genau gemessen sein.

§ 129. Häufig wird zu diesem letztern Zwecke sowohl, als auch um vorübergehend Punkte der höheren Vermessung genau darzustellen, das **hölzerne Pyramidensignal** angewendet. Die einfachste Form desselben ist in der Figur zum Ausdruck gebracht. Die Höhe ist je nach obigen Anforderungen verschieden. Die Spitze muss sich genau lothrecht über dem Kreuz des Signalsteins befinden. Die Verbindungslatten oben sind, um sie weit sichtbar zu machen, weiss angestrichen. Man errichtet diese Pyramiden auch als selbständige Signale. Darunter aufzustellende Instrumente müssen auf die Spitze eingelothet werden.

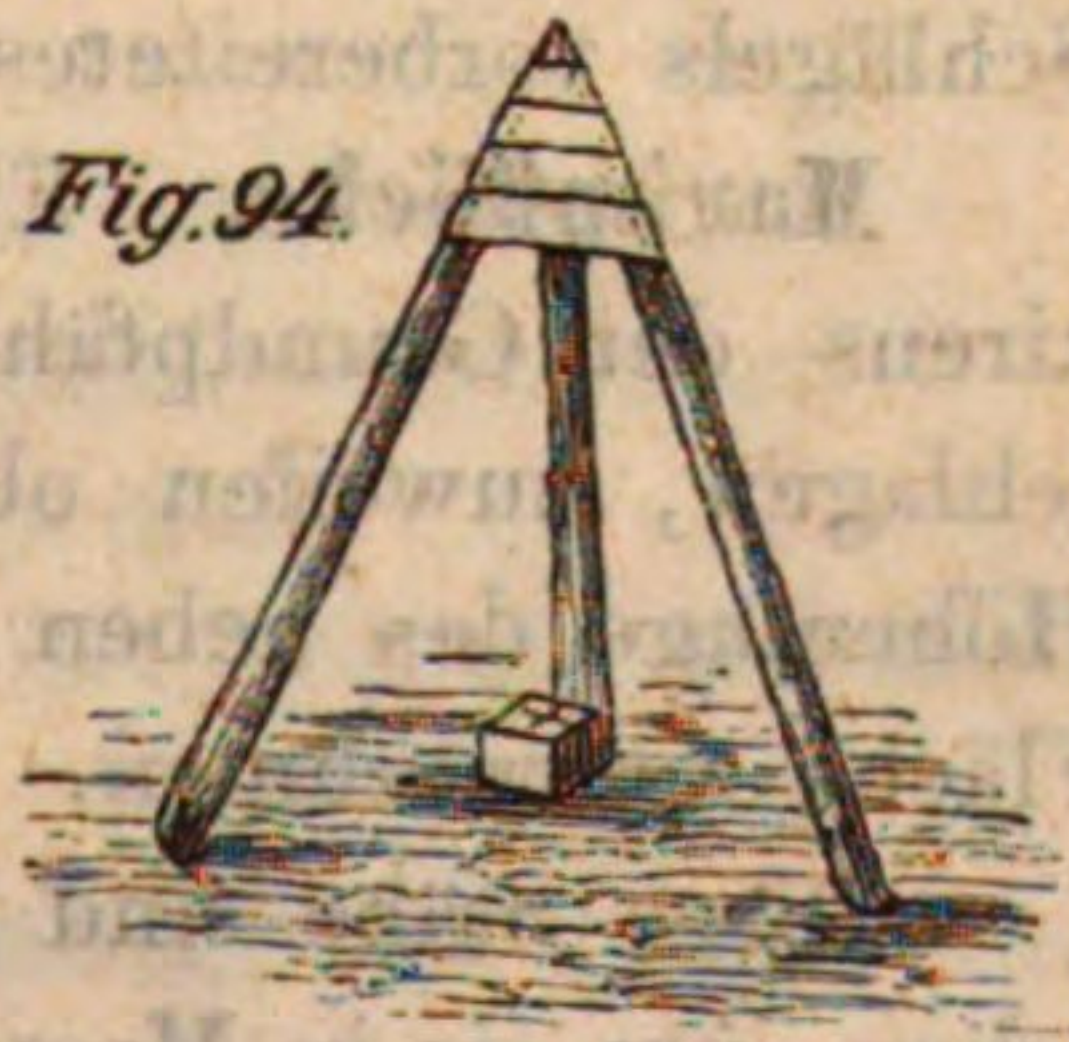


Fig. 94

§ 130. Als Signale, die Seitens der höheren Geodäsie

der niederen Vermessungskunst zur Disposition gestellt werden, dienen ferner: Spitzen von Kirchthürmen (meist der Knopf unter dem Kreuz, oder die Wetterfahne, oder der Schnittpunkt im Kreuze selbst), Spitzen von Dampfschornsteinen, Giebelspitzen massiver Häuser, nur sehr selten (als zu veränderlich) Baumspitzen.

Zweites Kapitel.

Instrumente zur vorübergehenden Bezeichnung (Abstecken) von Punkten und Richtungen auf dem Felde.

§ 131. Zum blossen Bezeichnen bedarf es nichts Anderes, als des Pfahls, der in die Erde geschlagen, wenig oder gar nicht hervorsteht. Um aber einen Punkt des Erdbodens seiner Lage nach weiterhin sichtbar zu machen, ferner um eine Visirlinie auf die Richtung über ihn hinaus einzustellen, brauchen wir möglichst grade, dünne, leicht sichtbare, senkrechte Stangen oder Stäbe.

Hiernach unterscheiden wir:

§ 132. a) **Grundpfähle oder Pickets.** Spitz geschnittene, oft mit Eisenspitze versehene Holzstäbe, 0,3 bis 0,8 M. lang, 3 bis 9 Cm. stark, je nach der Festigkeit des Bodens; senkrecht in den Boden gesteckt, wo nöthig, in ein mittelst Vorstechers (Pfahl mit spitzem Eisenschuh und Eisenkopf) und Schlägels vorbereitetes Loch.

Markpflocke. Ebenso gestaltet; zum Zweck des Markirens der Grundpfähle nur bis auf $\frac{1}{3}$ etwa in die Erde geschlagen, zuweilen oben abgeschrägt, um die Nummer und Höhenlage des neben gesteckten Grundpfahls auf der schrägen Fläche aufzunehmen.

Diese Stäbe sind gewöhnlich mit Löchern oder Oesen versehen, um sie in Masse mittelst Leinen besser transportiren zu können. Gebrauch: hauptsächlich bei Nivellements, zu Bauzwecken, Erdarbeiten, fortificatorischen Arbeiten, Grenzregulirungen.

§ 133. **b) Fluchtstäbe.** 2—3 Cm. starke und 2 bis 3 M. lange cylindrische, unten zugespitzte, mit Eisenschuh versehene, von Holz oder ganz von Eisen (dann dünner) gearbeitete, in zwei Farben, weissroth, weissschwarz gestrichene grade Stäbe. Durch den Farbenanstrich wird häufig eine Eintheilung nach Meter oder Fuss bewirkt und bezeichnet, so dass sie unter Umständen auch zum Messen von Höhen und Längen tauglich sind.

Längere Fluchtstäbe, auf die ein Fähnchen befestigt ist (am besten in weissroth), um den Aufstellungspunkt in weiterer Entfernung kenntlich zu machen, heissen **Jalons, Messfahnen, Baken.**

Dieselben werden in grösserer Zahl auch zum Abstecken von Linien und Winkeln auf dem Felde gebraucht. Hierzu müssen sie genau senkrecht in die Erde gesteckt werden, damit ihre Längsaxe in der That die Richtungsvertikalebene bezeichne.

Ob mehrere Jalons in einer graden Richtung (einem *Alignement*) stehen, prüft man mit blossen Auge am besten durch Betrachtung der Reihe von etwas seitwärts des Anfangspunktes und Beurtheilung des hier sich findenden scheinbaren Abstandes der Jalons von einander, der von rechts gesehen gleich dem von links gesehenen sein muss.

Uebrigens kann zur Noth bei flüchtigen Vermessungen jeder Besenstiel mit Strohwisch in solcher Art verwendet werden.

§ 134. Hierher gehören noch

- die Zählstäbchen bei der Messkette,
- die Niveaulatten bei den Nivellirinstrumenten,
- die Distanzlatten bei der Kippregel,
- die Heliotropen für Arbeiten der höheren Geodäsie.

§ 135. **Anmerkung.** Um während der Nacht oder in der Dunkelheit unter der Erde, z. B. bei Gruben- und Minenarbeiten, Richtungen und Punkte zu bezeichnen, wendet man Lampensignale an, Lampen mit mattgeschliffener kugelförmiger Glocke, auf welche ein Kreuz aufgemalt ist, oder Later-

nen mit mattem Glase und Visirkreuz darauf, die an den betreffenden Punkt, eventuell auf Stativ, aufgestellt werden.

Drittes Kapitel.

Gebrauch der Fluchtstäbe zur Vermessung.

I. Abstecken von graden Linien mittelst Fluchtstäben.

1. Von einem Endpunkt aus nach einem zweiten hin.

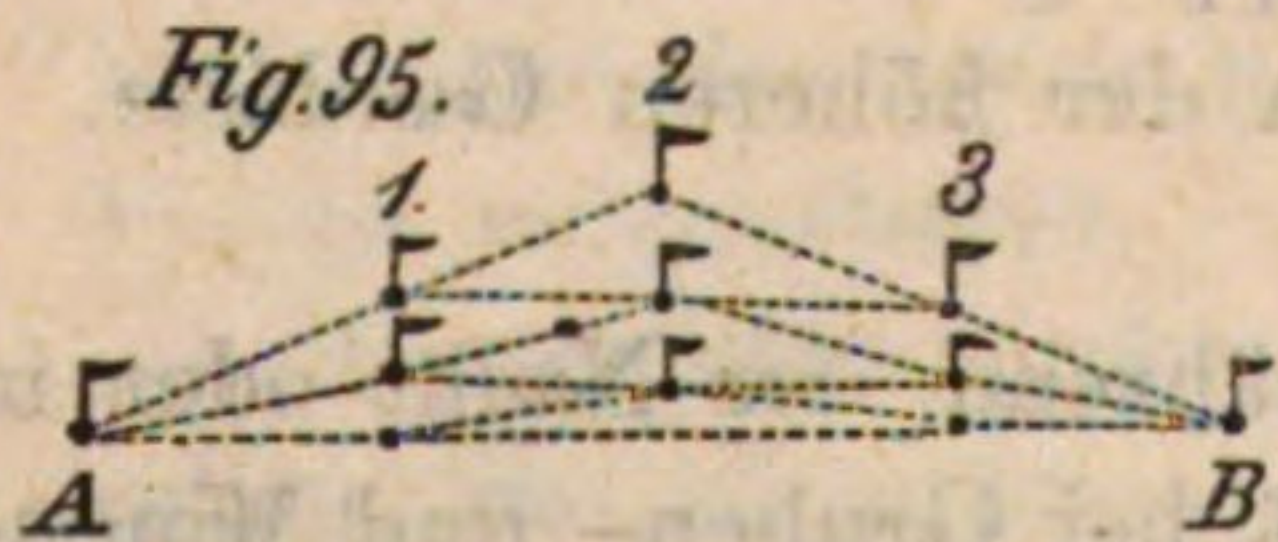
§ 136. Man steckt am Anfangspunkt einen Fluchtstab ein und sieht dicht seitlich der Stange nach dem beabsichtigten Endpunkt des Allignements, sendet dann eine beliebige Anzahl von Arbeitern mit Fluchtstäben in beliebigen oder gleichen Abständen gegen das Endziel ab, die man durch Rufen oder bestimmt verabredete Zeichen einwinkt. Ist der Arbeiter eingewinkt, so steckt er den Stab fest und tritt bei Seite, um die Linie frei zu machen.

2. Zwischen zwei bestimmten Punkten aus der Mitte ein Allignement herstellen.

A und B seien die beiden Endpunkte, 1, 2, 3 seien die Messfahnen.

Die Arbeit geschieht in folgender Reihenfolge:

$A \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad B.$



2 tritt nahezu ins Allignement AB und richtet erst 1 auf A , dann 3 auf B ein. Dann corrigirt 1 den 2. auf den 3., dann 2 den 3. auf B , und 1. auf A , dann 3 den 2. auf 1 und 2, den 1. auf A und den 3. auf B , so nähern sich die Punkte 1, 2, 3 allmählich der Linie AB .

Aehnlich geschieht das Alligniren bei mehr Fahnen und weiter auseinanderliegenden, nicht für alle sichtbaren, Endpunkten.

§ 137. Anmerkung. Mit Hülfe einer Anzahl von Fluchtstäben und einfacher Winkelmessinstrumente, sowie Längenmessern [als dem Winkelkreuz, Winkelspiegel, Winkelprisma, und dem Schrittmass, der Messleine und der Messkette] lassen sich eine Anzahl von Aufgaben der praktischen Geometrie auf schnelle und einfache Weise lösen.

Hierher gehören :

1. das Halbiren von im Terrain gegebenen sichtbar bezeichneten Horizontalwinkeln,
 - a) wenn man den Scheitelpunkt derselben betreten kann,
 - b) wenn man den Scheitelpunkt nicht betreten kann,
2. das Ziehen von Parallelen im Terrain zu dort befindlichen sichtbar markirten Linien,
3. das Abstecken von Winkeln,
4. das Abstecken gebrochener und krummer Linien,
5. das Abstecken von Kreislinien und Curven,
6. das Abstecken regelmässiger Figuren,
7. das Uebertragen ungangbarer Entfernungen durch Abstecken auf gangbarem Boden mittelst Construction auf dem Felde.

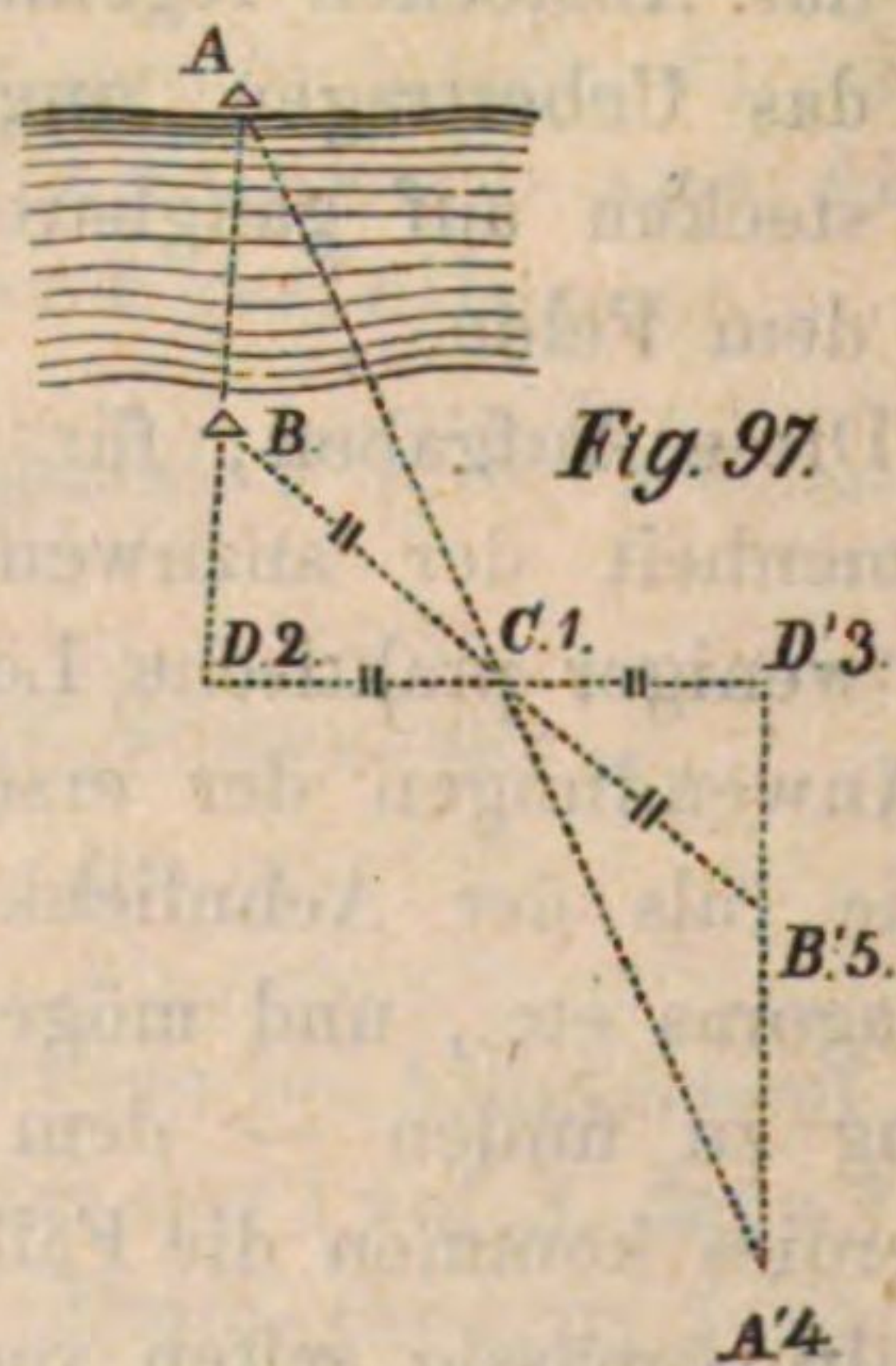
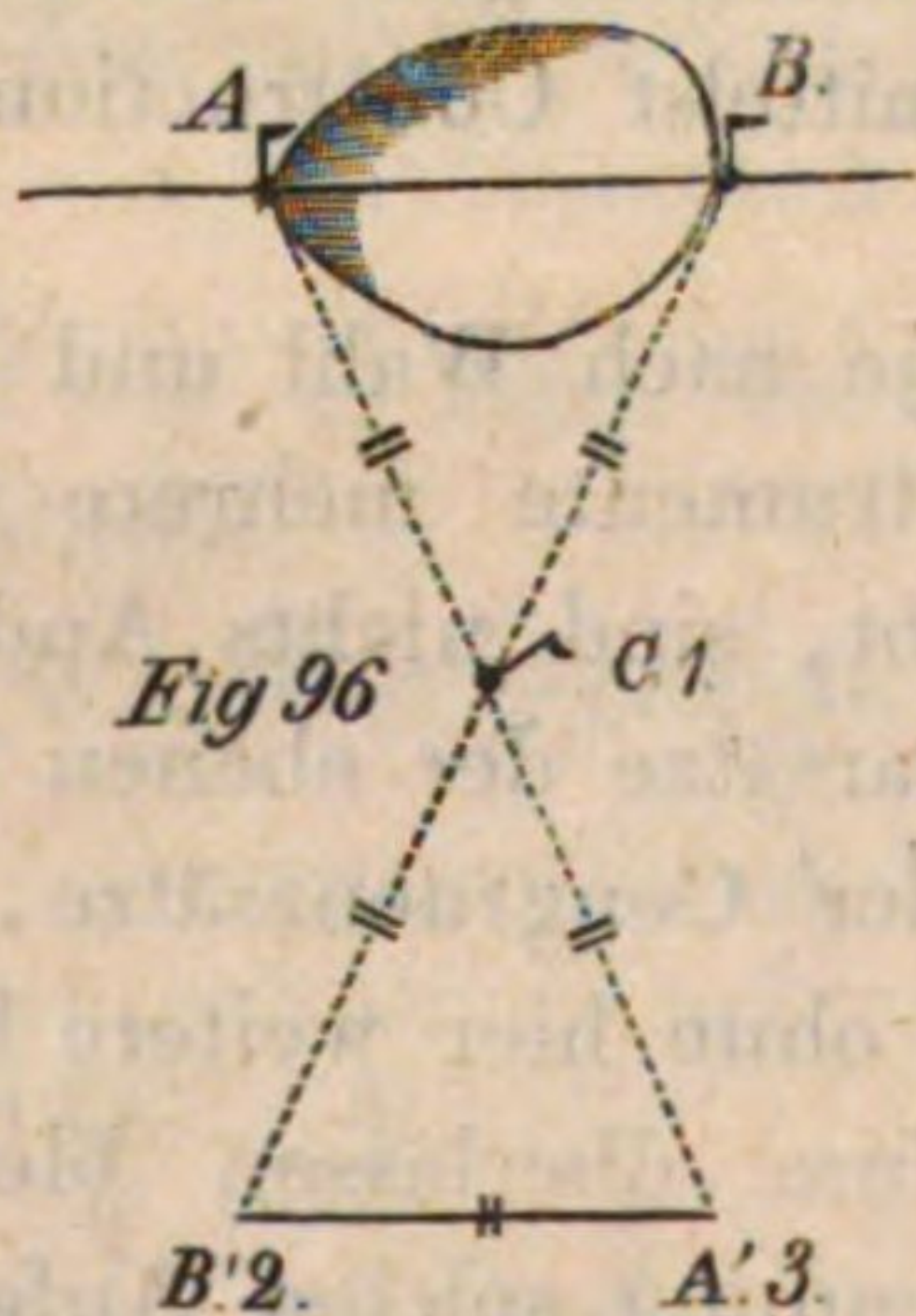
Diese Aufgaben, für welche es je nach Wahl und Vollkommenheit der anzuwendenden Instrumente mehrere mehr oder weniger praktische Lösungen giebt, sind nichts Anderes, als Anwendungen der ersten Elementarsätze der ebenen Geometrie, als der Aehnlichkeitssätze, der Congruenzsätze, des Pythagoras etc., und mögen daher — ohne hier weitere Erörterung zu finden — dem Privatstudium überlassen bleiben. Ueberdies kommen die Fälle der Anwendung solcher Aufgaben verhältnissmässig selten vor.

Es sei hier nur das Uebertragen ungangbarer Entfernungen (z. B. Fluss- und Seebreiten) auf gangbaren Boden durch Abstecken mittelst Fluchtstäben kurz erörtert.

II. Uebertragen ungangbarer Entfernungen mittelst Fluchtstäben auf gangbaren Boden behufs Messung derselben.

§ 138. Das Verfahren beruht gewöhnlich auf der Construction eines Scheiteldreiecks, welches einem bereits vorhandenen congruent ist. Da die Congruenz von Dreiecken aber auf Gleichheit von Seiten neben Gleichheit der Winkel beruht, so sind Längenmessungen bei dem Verfahren unerlässlich. Dieselben werden, da ohnedem auf grosse Genauigkeit kein Anspruch gemacht werden kann, durch das Schrittmass bewerkstelligt. (s. w. u. die über Schrittmass handelnden §§.)

§ 139. 1. Eine Linie AB soll gemessen werden, man kann aber dieselbe nur von seitwärts her in den Endpunkten betreten. Fig. 96. (Seenbreitenmessung.) Man steckt in einem seitwärtigen Punkte C einen Fluchtstab Nr. 1 ein, misst von C nach A , von C nach B , und stellt ein 2. Jalon in A' ein, so dass A' in der Verlängerung von CB , und um das Stück CB von C entfernt ist. Ebenso in der Verlängerung von AC in B' ein drittes Jalon, so ist $B'A'$ die übertragene ummessbare Entfernung BA . [Die zu messenden Stücke sind in den Figg. angestrichen.]



§ 140. 2. Man kann sich in B und in der Verlängerung von AB aufstellen, aber nicht nach A gelangen (z. B. Flussbreitenmessung von einem Ufer aus). Fig. 97. Man steckt in einem

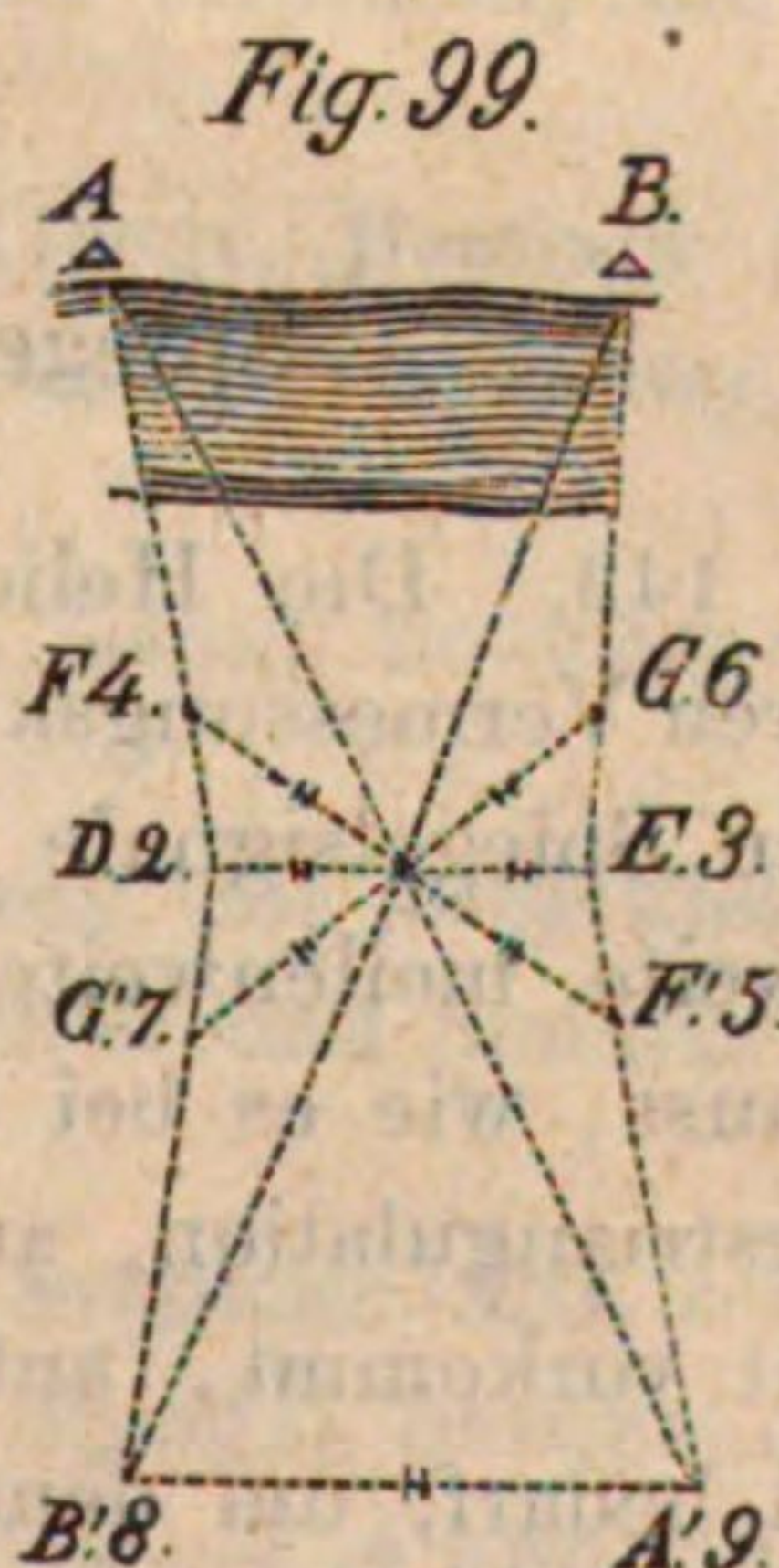
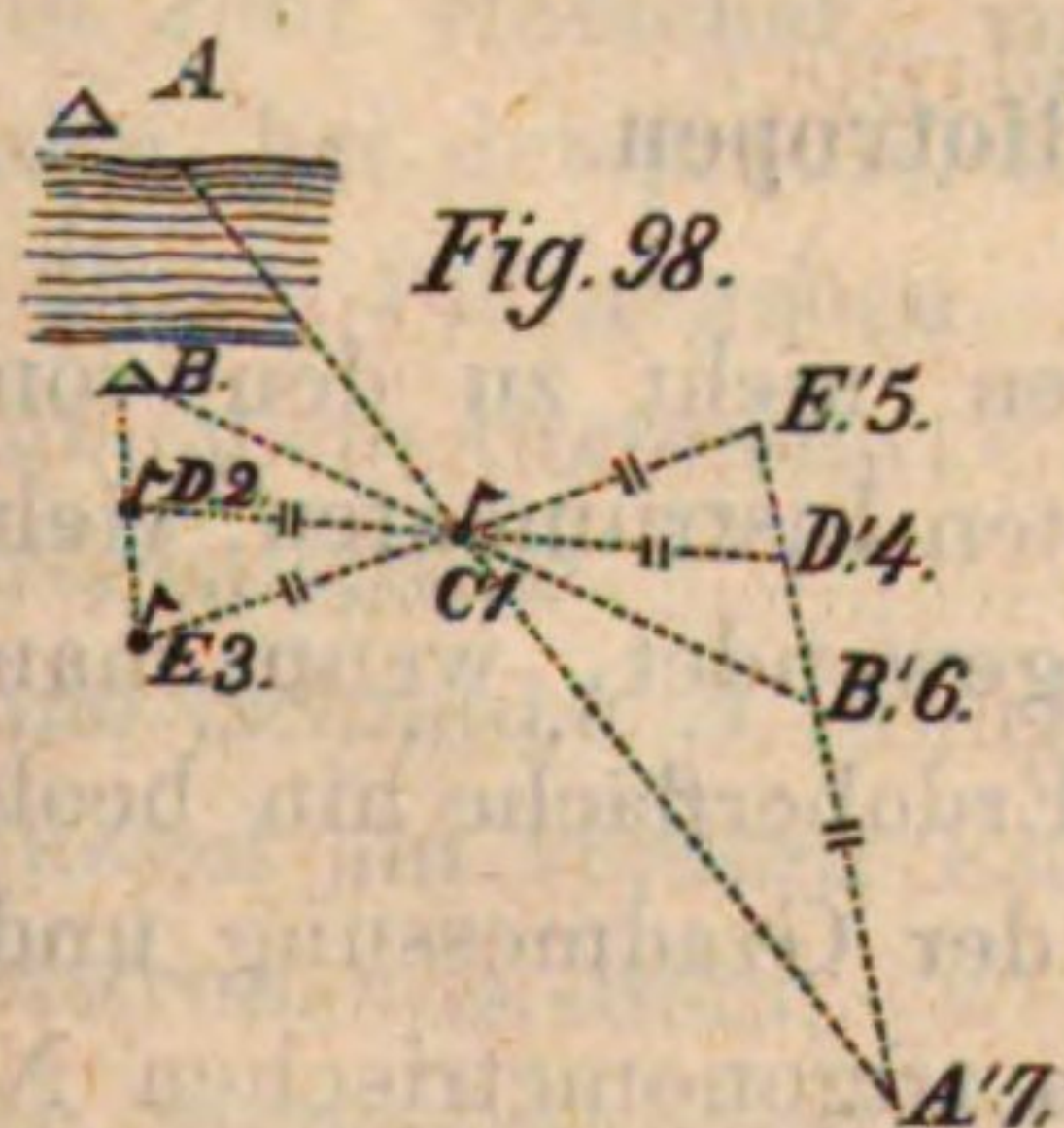
seitlichen Punkt C das 1. Jalon ein, misst nach B und nach einem beliebigen Punkt im Allignement von AB , steckt dort ein 2. Jalon ein, dann ein drittes um CB entfernt in der Verlängerung von CB nach B' , ein 4. um CD entfernt in der Verlängerung von CD nach D' , ein 5. in der Verlängerung $B'D'$ in dem Punkt, welcher dort gleichzeitig im Allignement AC liegt, in A' , so ist $A'B$ die übertragene Länge.

§ 141. 3. Man kann keinen Punkt der Linie AB betreten, sondern nur im Allignement AB sich aufstellen.

(Messung einer Flussbreite von einem Ufer aus, wenn dasselbe dicht am Flusse ungangbar ist). Fig. 98.

1. Jalon in einem seitwärtigen Punkt C ,
 2. in der Verlängerung von BA in D ,
 3. in der Verlängerung von BAD in E ,
- dann DC und EC gemessen und beide über C um die gemessene Länge verlängert, dann also 4. Jalon in D' , 5. Jalon in E' .

Im Allignement $E'D'$ vorgeschritten, bis man über Jalon 1 den Punkt A sieht, dort bei A' das 6. Jalon eingesteckt. Endlich in demselben Allignement weiter, bis man in B' über C das Object B sieht, dort Jalon 7, so ist $A'B'$ die übertragene Länge.



§ 142. Man kann sich weder in der Linie, noch in ihrem Allignement aufstellen. Fig. 99.

(Messung über ein Gewässer hinweg, nämlich einer Länge auf dem andern Ufer.)

Man steckt in einem seitwärtigen Punkt C das 1. Jalon ein, dann nahezu parallel zu AB in D und E das 2. und 3. Jalon, so dass DC gleich EC und DCE in einer Linie liegen, geht nach D , winkt von dort aus ein 4. Jalon in das Allignement DA ein, in F , misst FC und steckt im Allignement FC um dieselbe Länge von C entfernt ein 5. Jalon in F' ein, geht nach E , winkt von da das 6. Jalon auf B ein, in G , misst GC und steckt im Allignement GC , eben so weit entfernt, in G' das 7. Jalon ein, steckt dann ein 8. Jalon im Allignement DG' so ein, dass es gleichzeitig im Allignement CB steht, in B' , und endlich ein 9. Jalon im Allignement EF' so, dass es in der Verlängerung von CA steht, in A' , so ist $A'B'$ die übertragene Länge.

Anmerkung. Dieselben Aufgaben lassen sich lösen mit Hülfe eines Winkelinstruments, welches einen Winkel von 90° und einen von 45° an giebt. Auch durch Construction auf dem Papier — mit Hülfe des sogenannten vollständigen Vierseits — und durch arithmetische Berechnung lässt sich eine einfache Lösung herbeiführen.

A n h a n g.

Spiegelsignale, Heliotropen.

§ 143. Die Heliotropen gehören nicht zu den von der niederen Vermessungskunst verwendeten Instrumenten, vielmehr werden Spiegelsignale nur dann angewendet, wenn man auf sehr weite, meilenweite, Punkte der Erdoberfläche hin beobachten muss, wie es bei den Arbeiten der Gradmessung und der Landestriangulation, auch wohl beim trigonometrischen Nivellement vorkommt, auf Entfernungen also, wo es besonderer Mittel bedarf, um dem Beobachter die genaue Lage des anzuvisirenden Punktes zu bezeichnen.

§ 144. Es kennt Jeder das Spiel, welches dadurch getrieben wird, dass man bei hellem Sonnenschein die Sonnenstrahlen

mit einem Spiegelchen auffängt, um sie weiter Jemandem in's Gesicht zu reflectiren. Ebenso weiss man auch, dass eine vom Sonnenlicht getroffene Fensterscheibe sehr weit zu sehen ist.

Dies bildet das Grundprincip des Heliotropen: Auf dem zu beobachtenden Punkt wird ein kleiner Spiegel, in Kugel und Charnieryelenk drehbar, aufgestellt, und so gedreht, dass das Licht der Sonne von ihm gegen den Aufstellungspunkt des Beobachters reflectirt wird.

§ 145. Es kommt nicht darauf an, dass der Spiegel sehr vorzüglich geschliffen sei, wenn die Seitenflächen nur einigermaßen parallel sind, und zwar aus folgendem Grunde: Der Punkt, welcher dem Beobachter mittelst Sonnenspiegelung gewiesen wird, muss von demselben möglichst auf einem weiteren Raume als auf dem kleinen Umkreise des Standpunktes erblickt werden können, damit er ihn leicht finde. Ein sehr guter Spiegel würde den Beleuchtungsrayon sehr klein lassen, ein streuender, etwas unebener Spiegel dagegen lässt die Strahlen nicht ganz parallel abgehen, sondern mehrere Nebenbilder entstehen.

§ 146. Es sind sehr sinnreiche Heliotropen — z. D. Sonnenwender — von Gauss und Steinheil erfunden; die bis 12 Meilen das Sonnenlicht zeigen.

Ein sehr einfacher, von dem Ing.-Geogr. Bertram herrührender, bei der preuss. Landestriangulation verwendeter, ist in der Figur 100 gegeben.

Auf einem Brettchen P von ca. $\frac{1}{2}$ M. Länge befindet sich auf der Mittellinie

1. eine Schraube S , welche in Verbindung mit zwei kleinen Füßen am vordern Ende F zum Heben und Senken des Instruments dient,
2. ein Spiegelrahmen M , der, um eine vertikale Axe v sich drehend, einen Spiegel trägt. Der Spiegel besitzt eine Drehung um die Horizontalaxe und kann bei A und C festgestellt werden. In der Mitte hat er ein kleines Loch L , so dass bei der Reflexion von Sonnenlicht das vierseitige Spiegelbild in der Mitte einen schwarzen Punkt zeigt,

3. eine Schraube *B* zum Feststellen des ganzen Apparats auf einer Unterlage,
4. eine horizontale, etwa 5 Cm. lange Hülse *R* von Blech, in der Mitte in gleicher Höhe wie das Loch des Spiegels. In dieser Röhre befindet sich ein Fadenkreuz. Das hintere Ende ist bei *k* durch eine Papierklappe zu schliessen.

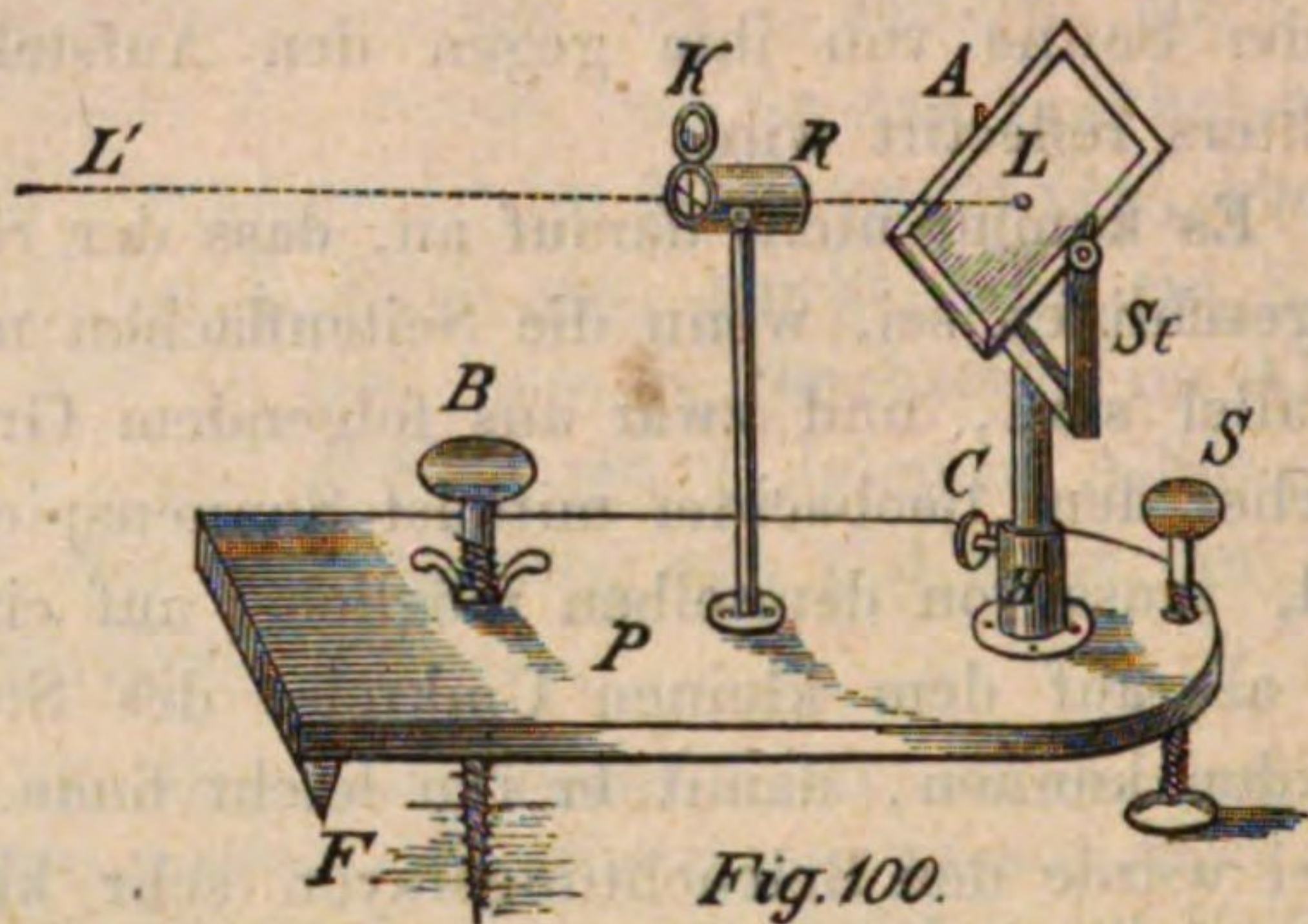


Fig. 100.
Heliotrop von Bertram.

Gebrauch. Bei loser Schraube *B* und gehobener Klappe *k* wird das Brettchen so lange gedreht, resp. gehoben, bis das an dem Loch *L* befindliche Auge des Beobachters auf dem Signalpunkt durch das Fadenkreuz das Object *O*, von welchem ein anderer Beobachter den Punkt des Heliotropen anvisiren will, also wohin man leuchten will, gedeckt sieht, worauf mit Schraube *B* der Apparat festgestellt und die Klappe geschlossen wird.

Vermöge der Horizontal- und Vertikaldrehung wird das Sonnenlicht aufgefangen (natürlich nur zu einer verabredeten Tageszeit, am besten gegen Abend) und so reflectirt, dass der schwarze Punkt des Spiegelbildes das Fadenkreuz der Hülse deckt. Nun liegt die Mittellinie des reflectirten Strahlenbündels in der Richtung nach *O*, und zwar giebt das Fadenkreuz diese Mittellinie als Punkt an. Die an der Hülse vorbeigehenden Strahlen schiessen auf *O* und dessen Umgebung hin, das Sonnenbild ist also von dort sichtbar und der Standpunkt des Heliotropen als Visiobject leicht zu finden und durchs Fern-

rohr zu fixiren. Auf kurze Entfernungen blendet das Heliotropenlicht doch noch so, dass der Beobachter in *O* zuweilen genöthigt ist, das Fernrohr seines Instruments mit Blendglas zu versehen. (Grünes Glas.)

Steht die Sonne so, dass ein directes Auffangen der Sonnenstrahlen unmöglich ist, so bedient man sich eines zweiten Spiegels, den man seitwärts der Hülse einschraubt, und mit dessen Hülse fängt man dann die Strahlen auf, so dass der erste Spiegel durch einmal reflectirtes Licht beleuchtet wird und das doppelt reflectirte Licht dann erst nach *O* gelangt.

Die Gauss'schen Heliotropen haben, abgesehen von der etwas abweichenden Construction, den Vorzug, dass man mit Fernrohr den Spiegel genau auf *O* einstellen kann. Doch ist der von Bertram wegen der Einfachheit des Instruments bei sehr fester, solider Construction deshalb vorzuziehen, weil der Apparat oft wenig geeigneten Menschen zur Aufsicht übergeben werden muss, während der Beobachter in *O* oft mehrere Meilen entfernt ist, so dass die einfachste Instruction genügen muss, bei möglichst geringer Wahrscheinlichkeit für eine Beschädigung des Instruments.

V. Abschnitt.

Längenmesser.

Einleitung.

Arten der Längenmessung.

§ 147. Wir messen Entfernungen hauptsächlich auf zweierlei Weise: entweder **auf der Terrainlinie** von einem Punkt bis zum andern der Erdoberfläche, und zwar geschieht dies durch unmittelbares Auflegen und Vergleichen einer Normallänge auf die Terrainlinie;

oder **in der Luftlinie**, indem wir die Länge der Visirlinie von einem Punkte, gewöhnlich dem Auge des Beobachters aus bis zu dem gegebenen Endpunkte ermitteln, zu welchem Zweck uns ebenfalls eine Normalgrösse gegeben sein muss, die zu der geforderten Länge in geometrischer oder trigonometrischer Beziehung steht.

§ 148. Für den ersten Fall ist zu unterscheiden, ob wir die Entfernung zweier Punkte des Erdbodens nach ihrer wirklichen Weglänge, also incl. ihrer Steigungen ermitteln wollen, oder nach ihrer Länge **in der Horizontalfläche** (also ihre Projection, die wahre Horizontallinie) suchen.

Erstes Kapitel.

Instrumente zum Messen auf der Terrainlinie.

§ 149. Ist die Normalgrösse auf einem festen, graden, prismatischen Stabe aufgezeichnet, oder durch den Stab selbst

in seiner Längsachse die Normalgrösse dargestellt, so nennen wir den Längenmesser einen **Massstab**.

Ist das Medium zur Auftragung der Normalgrösse in Form einer Kette, eines Bandes etc. gegeben, so erhalten wir die **Messkette**, das **Messband**, die **Messschnur** etc. Ist die betreffende Normallänge als Peripherie eines Rades dargestellt, so erhalten wir das **Messrad**.

Zur directen Messung gehört ausserdem noch der **Schritt** des Menschen und der **Galoppsprung** des Pferdes, da wo es auf genaue Messung nicht ankommt.

Beispiele für die Construction der genannten Instrumente seien die folgenden.

§ 150. **Der Massstab.**

Wir unterscheiden zunächst je nach der aufgetragenen Normallänge **Metermassstäbe**, **Ruthenmassstäbe**, **Klafter-** und **Lachterstäbe** und dgl.

Das Material, aus welchem Massstäbe gefertigt werden, wird sehr verschieden gewählt. Der Ausdehnungscoefficient, also die Beibehaltung stets gleicher Länge und Theilung, die Elasticität, Härte, Zerbrechlichkeit, das Gewicht spielen eine grosse Rolle bei der Wahl. Glas verändert seine Dimensionen wenig bei Temperaturveränderung, ist aber zu zerbrechlich, Platina, welches ebenfalls einen geringen Ausdehnungscoefficienten besitzt, ist zu theuer und für grosse Normalmasse in der Regel zu schwer für den Handgebrauch; Eisen ist sehr veränderlich, Gussstahl weniger. Man compensirt auch wohl die Massstäbe, indem man sie aus mehreren Metallen von verschiedenen Ausdehnungscoefficienten zusammensetzt, ähnlich wie das **Compensationspendel**. Trockenholz ist wenig ausdehnbar, aber zu rissig, um besonders feine Theilungen hineinschneiden zu können, und leicht zerstörbar.

§ 151. Der gewöhnliche **Meterstab** ist meist ein Stab von trockenem, durchöltem Eschen- oder Eichenholz, dessen Querdurchschnitt quadratisch oder rechteckig gestaltet ist, etwa zwei Centimeter dick, und ebenso breit oder breiter, bis vielleicht 5 oder 10 Centimeter. Die mit Eisen oder Messing beschlagenen Endflächen haben eine Entfernung von 1 oder

2 Metern. Hier und da sind durch Farbenanstrich Theile des Meters noch ablesbar, oder es ist durch eingerissene Striche eine Theilung, besonders fein in der Nähe der Endflächen, bewirkt. Für die Beobachtung mit blosssem Auge ist eine feinere Theilung, als ein Millimeter, unnütz, bei Holz, ausser Buchsbaum, auch kaum möglich.

§ 152. Für eine Messung mit der Bedingung grösserer Genauigkeit würde man sich auf andere Weise als durch feine Theilung helfen müssen, z. B. Nonius- und Mikrometerschraube. Messungen längerer Erdstrecken geschehen gewöhnlich mit zwei und mehr gleichen Massstäben, Messstangen, meist mit Endkanten, statt Endflächen versehen, die natürlich gut miteinander und einem Urmassstabe verglichen sind, und die man so aneinander legt, dass die Endflächen sich nicht berühren, damit sie sich nicht durch Stoss verschieben. So wird es nothwendig, den oft kleinen Abstand zwischen den

Fig. 101.



Massstäben bei dem Zusammentreffen genau zu ermitteln. Hierzu dienen unter Anderem die Messkeile, deren Gestalt aus der Figur ersichtlich. Die Theilstriche a, b, c, d, e verhalten sich zu einander (nach dem Proportionssatz) wie die Entfernungen $a'm, b'm, c'm, d'm, e'm$, wenn m der Schnittpunkt der beiden Linien $a'c$ und $a''e''$ ist. Dieser Keil wird zwischen die Massstabendflächen, besser Endkanten gesetzt und an ihm abgelesen was fehlt.

Die Messung mit Massstäben erfordert viel Zeit, aber sie kann mit dem grössten Mass von Genauigkeit geschehen.

§ 153. Die Messkette.

Die Messketten sind gewöhnlich 20 Meter lang (im rheinischen Mass gewöhnlich 5 Ruthen). Die 20 Meterkette besteht gewöhnlich aus 60 Gliedern von

Fig. 102.



fast 0,5 Meter Länge der nebenstehenden Form aus gutem Stahldraht von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Cm. Dicke. Die Glieder sind durch Ringe von demselben Material und von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Cm. Durchmesser verbunden, so, dass die Entfernung vom Mittelpunkt des einen zu dem des nächstfolgenden Ringes bei ge-

spannter Kette genau 0,5 Meter beträgt. Die halben und ganzen Dekameter sind durch Messingringe oder durch vierseitige Verbindungsstücke kenntlich gemacht. Die beiden Endglieder sind mit grösseren Ringen von 4—5 Cm. Durchmesser versehen, deren Mittelpunkt als Anfangspunkt, resp. Endpunkt der Kettenlänge gilt. Zum Straffziehen der Kette durch einfaches Auseinanderziehen der beiden Endringe mit der Hand reicht die menschliche Kraft nicht allein aus [da überhaupt zum Gradeziehen einer Kettenlinie unendliche Kraft gehört], deshalb steckt man durch die zwei Endringe Kettenstäbe von 3 bis 4 Cm. Durchmesser und $1\frac{1}{4}$ M. Höhe, mit Spitze von Eisen versehen, welche, in die Erde gestemmt, als Hebel zum Straffziehen dienen. Um beim Messen grösserer Längen die Anzahl der Ketten und ihre Endpunkte im Terrain zu markiren, bedient man sich eiserner Kettennägeln oder Zahlstäbchen von ca. 35 Cm. Länge mit Oesen zum Aufreihen an Bindfaden beim Transport. Die Kette wird beim Transport häufig in eine cylindrische Ledertasche gesteckt, und zum Tragen der Kettennägeln ein Karabinerhaken benutzt.

Der Vortheil der Kette gegen den Massstab liegt in der Transportfähigkeit, und in der Schnelligkeit der Arbeit. Dieselbe kann aber nicht mit grösserer Genauigkeit geschehen, als die einzelnen Kettenglieder betragen. Es kommt bei der Arbeit leicht vor, dass einzelne Ringe sich falsch legen, oder Glieder sich verbiegen, wodurch die Kette verkürzt wird. Diese Mängel sind Gegenstand der Prüfung vor jeder Messung. Die Prüfung der Länge selbst kann nur an einem Massstabe geschehen.

§ 154. **Das Messband** wird, des leichten Transports wegen, hier und da den vorhergehenden Mitteln vorgezogen, gewährt aber bei der hygroskopischen Beschaffenheit und Dehnbarkeit des Materials nicht überall genügende Genauigkeit. Gewöhnlich 2 Cm. breites, 20 M. oder 10 M. langes dickes Band, aus starkem geöltem Kameelgarn übereinander genäht, mit einer Eintheilung versehen und auf eine Rolle in einer Kapsel gezogen.

§ 155. **Messschnüre und Messleinen** aus gedrehtem Garn

oder Hanf sind der Veränderung durch die Witterung sehr ausgesetzt und bilden für correcte Arbeit unzureichende Messmittel. Dennoch werden sie häufig angewendet, wo es auf einen hohen Grad von Genauigkeit nicht ankommt.

Unmittelbare Messung der Horizontallinie auf dem Boden.

§ 156. Zur unmittelbaren Messung der Projection einer geböschten Terrainlinie auf der Bodenfläche selbst, also zur Messung der wahren geodätischen Horizontallinie von einem Punkte der Erdoberfläche zum andern bedarf es eines Messapparates, dessen Masslinie sich genau über jedem Punkte horizontal stellen lässt. Dies ist natürlich nur bei festen Massstäben möglich. In der Regel wird es in der niederen Vermessungskunst nicht gefordert, die wahre Horizontallinie auf dem Boden zu messen, sondern man wird sich vielfach damit begnügen, aus der gemessenen Terrainlinie und ihren Böschungen die Projection durch Rechnung zu entwickeln.

Soll eine Horizontallinie gemessen werden, so ist nöthig, den Massstab mit einer Libelle zu versehen, durch welche die horizontale Lage seiner Oberfläche oder seiner Mittellinie controllirt wird (oder man könnte eine Setzwage auf ihn stellen). Da aber aus freier Hand Niemand eine Linie dauernd horizontal halten kann, so muss der Massstab mit Unterlagen versehen sein. Am besten eignen sich hierzu entweder Platten von Stativen, welche eine Horizontalstellung der Tischebene erlauben, oder zwei Böcke oder Latten mit verstellbaren Trageschiebern, auf die man den Massstab legt. Die Füße der Böcke müssen je nach der Böschung der Terrainlinie in die Erde gesteckt, also verkürzt werden.

Eine derartige Messung bedarf natürlich mehr Zeit, als die mit den vorhergehenden Instrumenten.

§ 157. Zu den feinen Messungen der Horizontallinie, wie sie bei den Arbeiten der höheren Geodäsie nöthig sind, wird bei uns hauptsächlich ein von Bessel erfundener und von

Reichenbach in München construirter Messapparat [Keilapparat] (ein Massstab auf Rollen, mit Mikrometerverschiebung, Thermometer und feiner Röhrenlibelle) benutzt, und werden bei diesen Messungen auch alle diejenigen Fehler berücksichtigt, die durch Temperaturwirkungen auf das Material des Massstabes sich geltend machen. Die Genauigkeit der Längenmessung bei höheren geodätischen Arbeiten ist 1:100000, also darf auf 1 Kilometer Länge nur 1 Centimeter Fehler gemacht werden. (Bei Messungen der Basislinien für die Landestriangulation, und bei Gradmessungen.) Auf das Aneinanderpassen der Massstäbe wird hier besonderer Werth gelegt werden müssen.

§ 158. Hierbei muss des **Messrades** Erwähnung geschehen, welches für feine Messungen dieser Art von dem Gen.-Lieut. Baeyer, Präsidenten der europäischen Gradmessung, empfohlen wird, und von Steinheil († 1870) in München zur Construction kam. (Geogr. Jahrb. v. Behm. III. Jahrg. 1870.) Dasselbe besteht aus einem Reifen von Gussstahl von 1 M. Durchmesser, 1 Dm. Breite, 1 Cm. Dicke, der auf einer gusseisernen Scheibe befestigt ist, welche hinwiederum mittelst Achsenbewegung zwischen zwei 3 M. langen Wandungen von Eichenholz läuft. Die Anzahl und auch sehr kleine Theile von Umdrehungen des Rades sind mit Hülfe von Mikroskopen an einem sich mitbewegenden Zählrade äusserlich abzulesen.

Ein solches Messrad bedarf aber, um in der That die mathematische Linie zu messen, welche gefordert ist, wiederum einer festen Herstellung dieser Linie als Grundlage seiner Drehung und Bewegung. Zu dem eben geschilderten Rade gehört daher ein gut nivellirtes Schienengeleise, welches auf der zu messenden Erdstrecke in grader horizontaler Richtung gelegt ist. Auf weichem Boden, oder auf einem steinigen Wege würde die Länge der Terrainlinie zu gross gemessen werden; in der niederen Geodäsie würde ein Messrad auf gut chausvirten Strassen Verwendung finden können, wenn man eben nichts anderes haben will, als die Länge der Terrainlinien mit allen ihren Unebenheiten.

[Auf dem Papier, beim Planlesen, kann ein Messrädchen,

wie das von Schlagintweit angegebene, s. w. unten, wohl Verwendung finden.]

Mittel unvollkommener Art.

§ 159. Der Schritt.

Aus dem Kapitel von den Massen wissen wir, dass der geometrische Schritt, wie er bei den flüchtigen Aufnahmen zu militairischen Zwecken bisher verwendet wurde, $\frac{1}{5}$ Ruthe rhld. beträgt, und dass die Meile = 10000^x ist. Der jetzige reglementarisch festgesetzte Schritt in der Armee ist = 80 Cm., so dass also von diesem 9415 auf 1 preussische Meile gehen, ein Kilometer = 1250 Militairschritt. Durch Uebung kann der Arbeiter sich einen sehr gleichmässigen Schritt angewöhnen. Die Richtigkeit des Schrittes lässt sich auf ebenem horizontalen festem Boden an einer bereits abgemessenen Entfernung (zwischen zwei Chausseesteinen) prüfen, indem man diese Strecke in mässiger Schnelligkeit (etwa 120^x in der Minute) abschreitet und das Resultat mit der Messung vergleicht. Man zählt die Schritte gewöhnlich nur auf einen Fuss. Uebrigens haben sich schon viele Leute damit abgegeben, Schrittzähler zu construiren. Im Casseler Museum existirt ein von einem der hessischen Landgrafen construirter, der sogar die Pendelbewegung der Beine, mit denen er durch Schnüre verbunden ist, als Grundlage für eine Art von Uhrgetriebe hat. Die meisten Schrittzähler sind bis jetzt als unpraktisch befunden. Doch kommt ihre Anwendung hier und da vor. (Siehe die Berichte über die Vermessungen des indischen Punditen unter Capt. Montgomery, Petermann, geogr. Mittheil. 1868.) Der Schritt ist ein unzuverlässiges Instrument. Er verändert unwillkürlich seine Länge in unebenem und schwer passirbarem Terrain, wird aber zur flüchtigen Vermessung von kleinen Terrainabschnitten viel angewendet. Auf 100 Schritt können füglich 3^x Fehler erlaubt sein.

§ 160. Der **Galoppsprung** ist durchschnittlich = 3 Schritt. Man rechnet je nach der Stärke der Gangart und Grösse des Pferdes 29 bis 33 Galoppsprünge auf 100 Schritt.

Zweites Kapitel.

Instrumente zur Distanzmessung in der Luftlinie.

§ 161. Die Ermittlung von Distanzen in der Luftlinie geschieht unter Zugrundelegung des Satzes, dass

1. die Höhe eines gleichschenkligen Dreiecks von constanter Basis zunimmt, wenn der Winkel an der Spitze abnimmt,
2. die Höhe eines gleichschenkligen (oder die eine Kathete eines rechtwinkligen) Dreiecks von constanter Basis (oder bei constanter anderer Kathete) zunimmt mit der Grösse des Basiswinkels (oder des Winkels der letzteren Kathete mit der Hypothenuse).

In beiden Fällen ist also eine Grösse, die Basis des Dreiecks gegeben; ad 1 würde der Winkel an der Spitze, ad 2 der Basiswinkel zu beobachten und zu messen sein; die dritte Grösse, die Höhe, wäre aus beiden zu ermitteln.

Augenmass.

§ 162. Der erste Fall wird bei der **Schätzung von Entfernungen nach dem Augenmass** benutzt: Wir kennen die wirkliche Grösse eines Gegenstandes aus der Erfahrung. Betrachten wir ihn, oder optisch ausgedrückt, empfangen wir durch unsern Sehnerv den Eindruck von der Entstehung seines Bildes in der Camera obscura unseres Auges, so werden wir durch Erfahrung uns ferner bewusst, dass das Bild um so kleiner sein muss, je weiter der Gegenstand von der Convexlinse unseres Auges entfernt ist, also je kleiner der Winkel ist, unter welchem die Lichtstrahlen sich im innern Brennpunkt dieser Linse treffen, welche, von den Grenzlinien des Gegenstandes ausgehend, die Linse durchdringen.

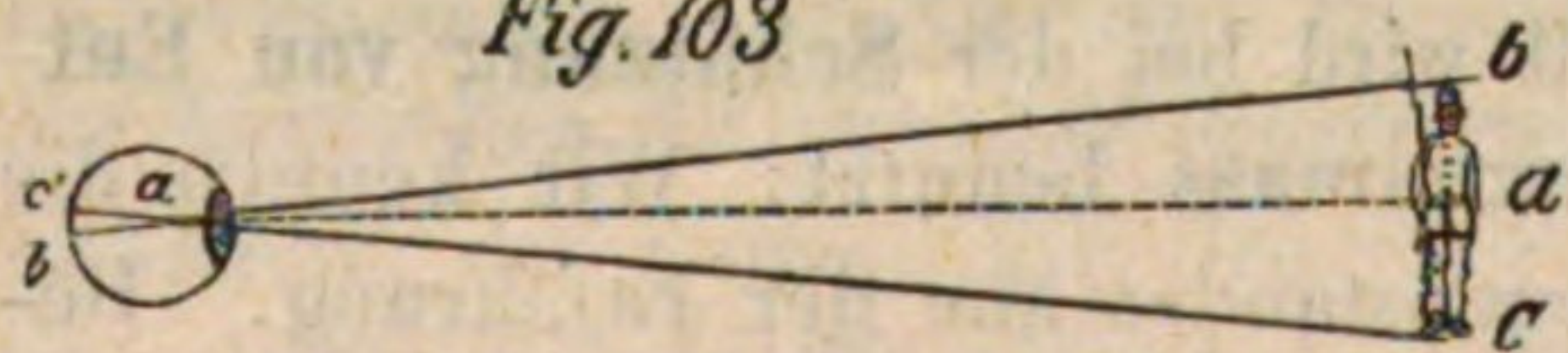
Je nach dem Winkel, den diese Strahlen bilden, muss auch die Grösse des sich hinter dem Brennpunkte auf der inneren Wand der Augenhöhle erzeugenden Bildes variiren. Diese Grösse nennen wir die **scheinbare Grösse** des Gegen-

standes, den Winkel selbst den Sehwinkel. Auf der unserm Bewusstsein zugeführten scheinbaren Grösse beruht im Wesentlichen die Fähigkeit, die Entfernung der Gegenstände zu ermitteln. Da wir im Auge aber keinen Massstab haben, um das sehr kleine Bild zu messen, so kann die Entfernungsermittlung nur den Werth ungefährrer Schätzung haben, deren Zuverlässigkeit von ausserordentlich vielen Nebenumständen abhängig ist. Uebrigens ist auch das Zusammenwirken beider Augen von Einfluss auf das Schätzungsvermögen; es wird Jedermann die Bemerkung machen, dass er mit einem Auge nicht so sicher wie mittelst beider Augen, selbst nicht auf Armeslänge, Distanzen schätzen kann.

Von Einfluss auf die Richtigkeit der Schätzung sind: Witterung, Helligkeit der Atmosphäre, Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Höhe des Objects über dem Erdboden, Beleuchtung und Farbe des Objects und des Hintergrundes, Gestaltung des zwischenliegenden Terrains. Zum Feldmessen über 80^x ist die Schätzung schon zu unsicher.

Theoretisch betrachtet, beruht also das Distanzschätzen z. B. bei den Truppen auf Truppen auf der Betrachtung der

Fig. 103



beiden ähnlichen gleichschenkligen Scheiteldreiecke cba und $ab'c'$; a bedeutet den Brennpunkt der Augenlinse, $c'b'$ das Bild, also die scheinbare Grösse, bc die wahre Grösse des Gegenstandes, dessen Entfernung zu ermitteln, — hier die erfahrungsmässig angenommene Grösse von $5\frac{1}{2}$ Fuss eines Menschen. Wir vergleichen also einfach unbewusst $c'b'$ mit bc und schätzen hierzu die Distanz ad .

Distanzmessung einfacher Art.

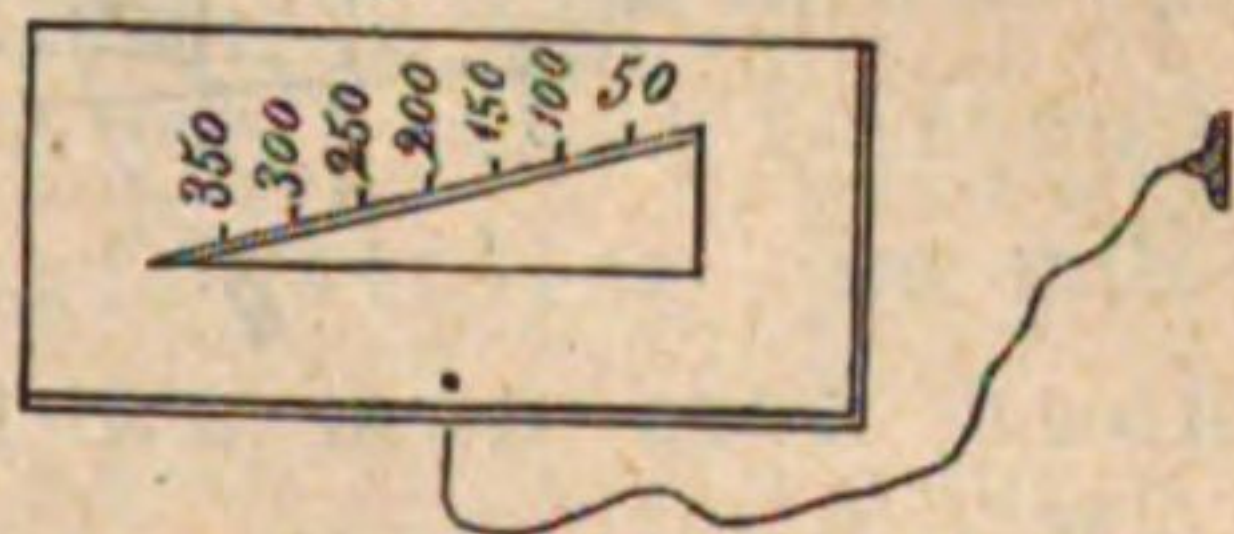
§ 163. Einer der einfachsten, auf demselben Princip beruhenden Distanzmesser ist folgender:

Aus einer oblongen Metallplatte von 10 Cm. Länge und 3 — 4 Cm. Breite ist ein rechtwinkliges Dreieck ausgeschnitten

und an seiner Hypothenuse Punkte mit den Ziffern 50, 100, 150 u. s. w. bezeichnet. An der Blechplatte ist eine unelastische Schnur von bestimmter Länge mit Knopf befestigt.

Der Beobachter nimmt den Kopf in den Mund, und hält das Blech so weit von ihm ab, und zwar in einer Vertikalebene senkrecht zur Visirlinie, bis die Schnur ausgestreckt ist. Erblickt er durch das ausgeschnittene Dreieck einen Men-

Fig. 104.



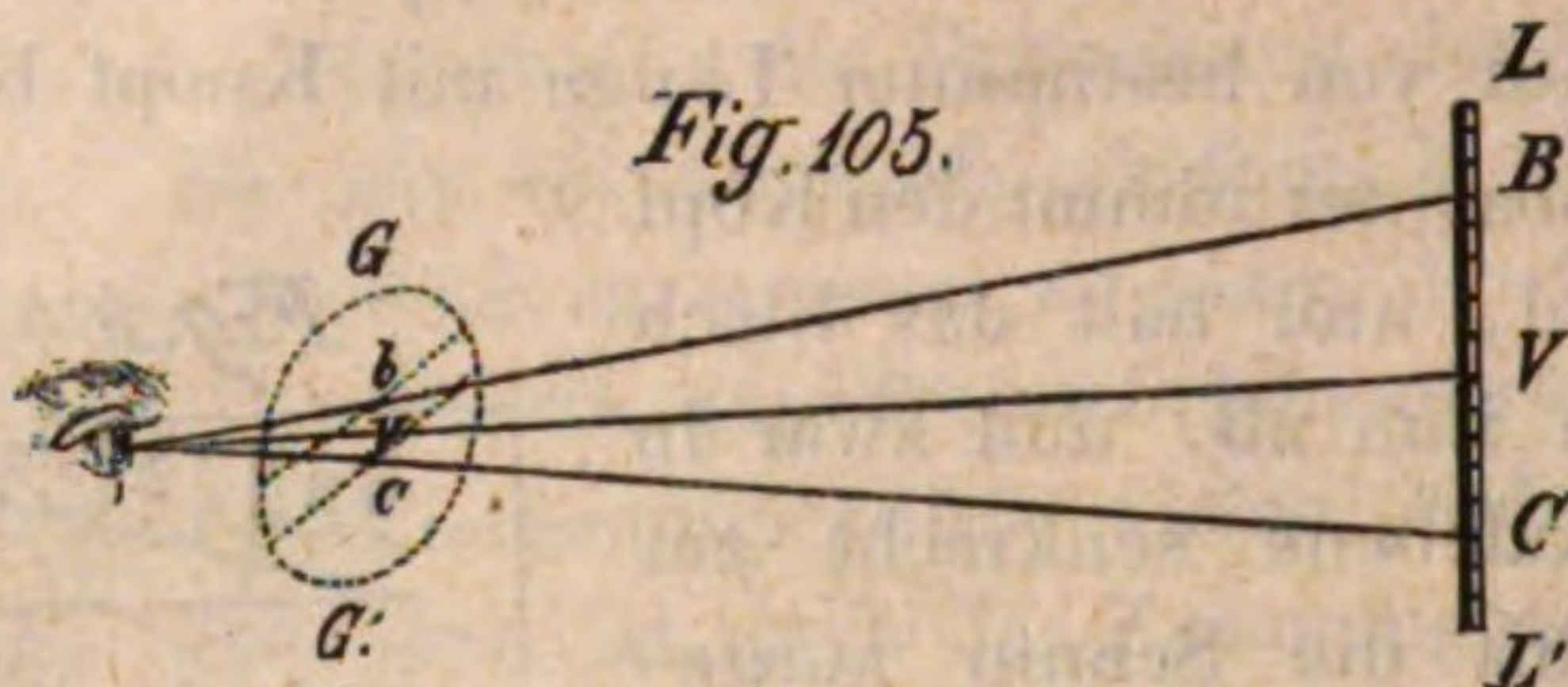
schen in ganzer Grösse, so kann er dessen Entfernung dadurch bestimmen, dass er genau nachsieht, an welcher Stelle des Dreiecks der Mensch genau die Länge eines Perpendikels von Hypothenuse zur Kathete einnimmt. Die an dieser Stelle stehende Ziffer giebt ihm die Entfernung in Metern.

§ 164. Auf weitem Distanzen nimmt die scheinbare Grösse in so ausserordentlich kleinen Masstheilchen ab, dass schliesslich weder das Auge, noch etwa ein derartiges Instrument zuverlässige Resultate zu geben vermag. Das Instrument würde mathematisch genaue Resultate nur geben, wenn die Grösse des Zielobjects als wirklich constant gemessen ist (und sich nicht ändert wie die Grössen des Menschen); ferner wenn das Blech genau vertikal steht, — bei schiefer Stellung würden sich zu grosse Distanzen ergeben — und wenn seine Ebene ausserdem genau senkrecht zu der Schnur-, resp. Visirlinie steht.

Distanzmessung an Massstäben.

§ 165. Zuverlässiger würde daher eine Distanzmessung sein, bei welcher man einen Massstab anvisirt, der senkrecht zur Visirlinie gestellt ist und dessen Eintheilung man zwischen zwei parallelen horizontalen Linien einer Vertikalebene (Glasplatte) beobachtete, die gleichzeitig vertikal zur Visirlinie steht, und in constanter Entfernung vom Augenpunkt gehalten wurde.

Ein solcher Distanzmesser würde sich auf folgende Figur stützen :



Sei A das Auge, bc die Auseinanderstellung der beiden Parallelen auf der Glasplatte GG' , und LL' eine Latte mit Metertheilung, welche rechtwinklig zur Visirlinie VvA gestellt ist, so würde sich die Proportion aufstellen lassen [weil die gleichschenkligen Dreiecke ABC und Abc ähnliche sind wegen Gemeinschaftlichkeit des Winkels an der Spitze und Parallelität der bc und BC]

$$Av : bc = AV : BC.$$

Wäre nun (mittelst mechanischer Vorrichtung) das Verhältniss $Av : bc$ dauernd festgestellt, wie $m : 1$, so würde also

$$\begin{aligned} AV : BC &= m : 1 \text{ sein oder} \\ Av &= m BC. \end{aligned}$$

Ist nun ferner durch BC die Anzahl Massstabtheile gegeben, welche zwischen b und c gesehen werden, und zwar $= n$ Centimeter, so wäre

$$Av = m \cdot n \text{ Centimeter,}$$

und wenn m ein für allemal $= 100$ festgestellt, so

$$Av = n \cdot 100 \text{ Centimeter} = n \text{ Meter.}$$

Setzt man die Glasplatte in ein Fernrohr an die Stelle der Bildebene ein, so wird man nach Massgabe der Vergrößerung weitere Objecte ermitteln können.

Auf diesem Princip beruht die Construction der Distanzmessung zwischen Kippregel und Distanzlatte (s. daselbst Näheres). Die Genauigkeit der Messung ist abhängig von der

Sehkraft, der Stellung der Latte und schliesslich von der Genauigkeit der Eintheilung derselben.

Distanzmessung ohne Massstab, auf Grund einer Basis.

§ 166. Der zweite Satz des § 161 käme dann in Anwendung, wenn man nicht in der Lage wäre, eine Latte an dem entfernten Objectpunkt aufzustellen (im militairischen Leben viel der Fall) und wo man sich auch nicht mit der zweifelhaften Grösse von aus der Erfahrung geläufigen Gegenständen befassen will. Hier wäre also nöthig, dass man eine gemessene Basis festliegend construirte und die Winkel mässe, welche die Visirlinie von den Basispunkten nach dem Object hin mit der Basis bilden.

Gewöhnlich beruhen die nach diesem Princip construirten Distanzmesser auf der Annahme eines rechtwinkligen Dreiecks. Ist AB die Basis von genauest bekannter Länge, O der Objectpunkt, der Visirwinkel ABO ein rechter, so ist die Entfernung

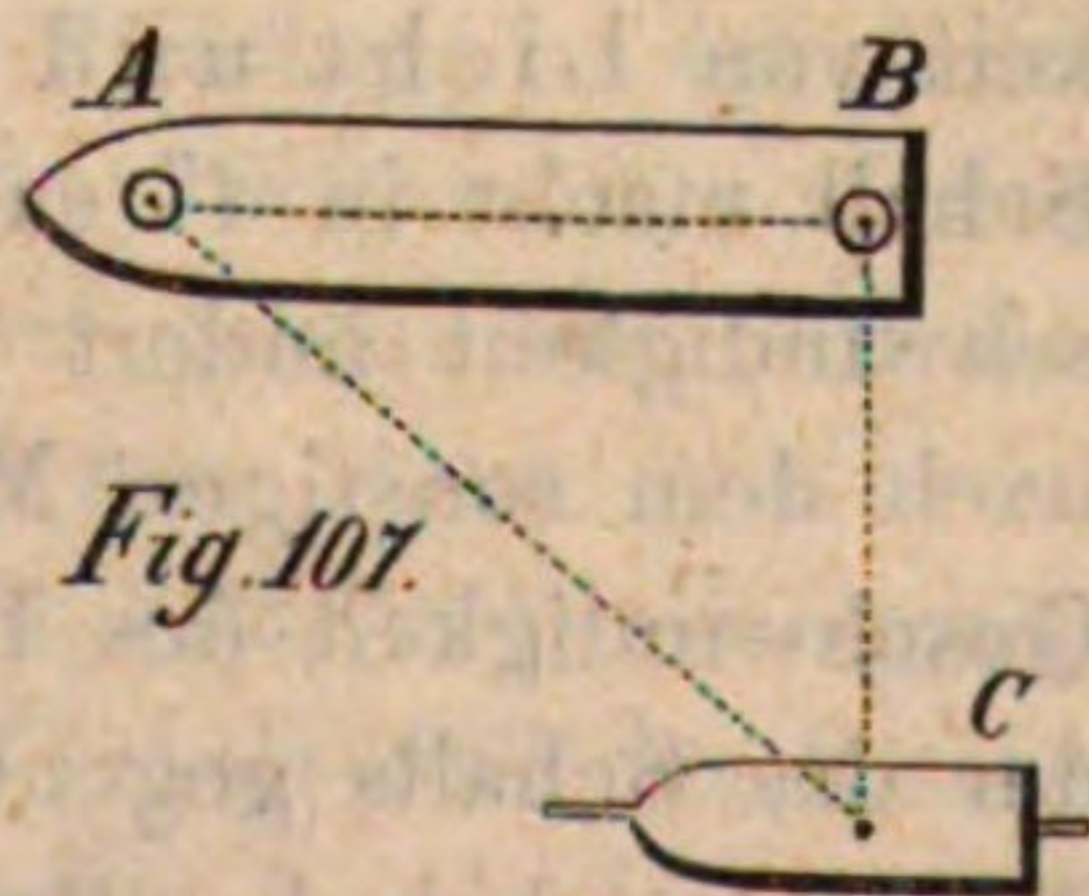
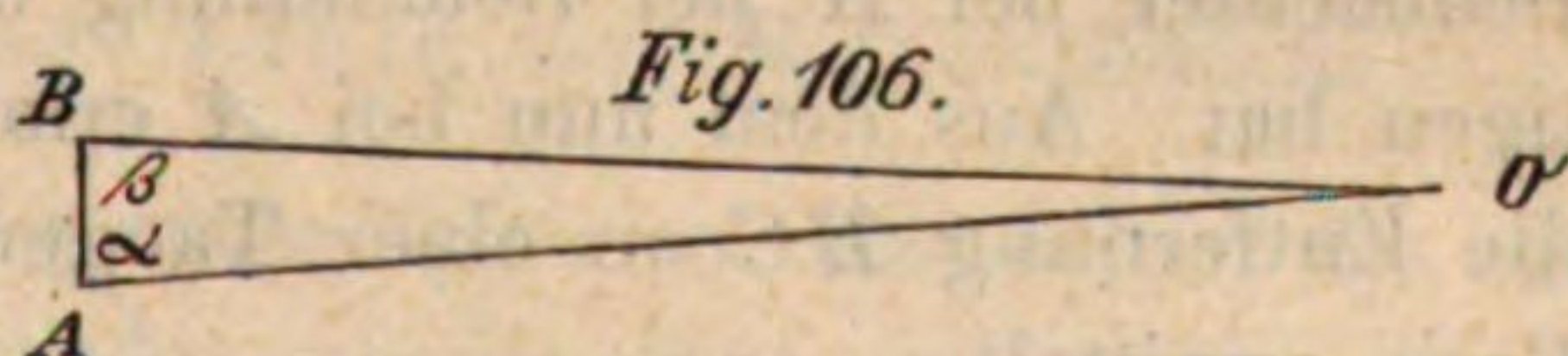
$$BO = AB \tan \alpha,$$

folglich bedarf es nur der Messung von α .

§ 167. Auf diesem Princip beruht der Vorschlag von Gurlt zur Construction eines Distanzmessers für Kriegsschiffe auf offener See, der hier als Beispiel zur Entwicklung der Idee dienen möge.

Auf dem Schiffe ist eine Linie genau gemessen und abgesteckt $= AB = m$ Meter.

Am Steuerende B befindet sich auf festem Stativ ein festes Fernrohr (nur vertikal drehbar), dessen Visirlinie constant rechtwinklig zur Basis AB steht. Am Vorderende A ist auf gleich hohem Stativ



ein Fernrohr um eine vertikale Axe drehbar befestigt. Jeder Winkel (Horizontalwinkel), den die Visirlinie des Fernrohrs mit der AB bildet, ist an einem Kreisbogen mittelst Nonius zu messen. Ist C das Object, z. B. der Mastbaum eines entfernten Schiffs, so richtet ein Beobachter in A das Fernrohr, stets drehend, auf C ein, während dessen wird AB mittelst des Steuers so gerichtet, bis der Beobachter in B das Object C im Fadenkreuz sieht. Ist dies nun der Fall, so muss dieser Moment dem in A mitgetheilt werden, und in demselben Augenblick (— bei der Bewegung des Meeres und des Ziels) die Drehung des Fernrohrs in A eingestellt (arretirt) werden. Um dies sofort zu ermöglichen, geht von B eine electromagnetische Leitung nach A . Durch einfachen Fingerdruck von B aus kann das Fernrohr bei A arretirt werden, worauf der Beobachter bei A bei Behandlung des Fernrohrs zu rücksichtigen hat. Aus dem nun bei A ermittelten Winkel wird dann die Entfernung BC an einer Tangententabelle für AB Meter Basis ermittelt.

§ 168. Ist die Basis sehr kurz, oder die Entfernung sehr bedeutend, so ist die feine Einstellung auf das Object schwierig, und die Differenzen des Winkels α so ausserordentlich gering, dass schliesslich kein Nonius mehr scharf genug sein würde, die Grösse auszudrücken. Die Distanzmessung wird unter solchen Umständen illusorisch. Dennoch sind vielfach auf diesem Princip Taschendistanzmesser construirt, welche an den bezeichneten Mängeln nothgedrungen leiden müssen.

§ 169. Schliesslich sei erwähnt, dass Entfernungen im ungefähren Masse auch durch die Differenz der Geschwindigkeit von Licht und Schall geschätzt werden können. Der Schall macht in 1" ca. 330 Meter bei ruhiger Luft. Seine Geschwindigkeit ändert sich je nach der Luftbewegung und je nach dem sonstigen Medium, durch das er geführt ist. Die Geschwindigkeit des Lichts, 41000 Meilen in 1", kann füglich der des Schalls gegenüber als unendlich gross betrachtet werden, also bei der Berechnung ganz ausfallen. So würde ein Zeitunterschied von 2" zwischen Blitz und Knall eines Ge-

schützes bei sonst normalen Nebenumständen eine Entfernung von 896 Meter geben [bei 14° R. in $1'' = 448$ M.].

Drittes Kapitel.

Gebrauch der Längenmesser für Vermessung. Vermessung von Linien, Winkeln und Flächenräumen mittelst der Längenmesser.

§ 170. Für gewöhnliche Zwecke gebraucht man meist die Messkette, wenn man genaue, den Schritt, wenn man annähernde Resultate erlangen will. Nur für besonders scharfe Längenmessungen muss man zu der langwierigen Arbeit der Massstabmessung greifen.

1. Messung einer Linie mit Massstäben.

§ 171. Man braucht gewöhnlich zwei Massstäbe, die man abwechselnd sanft an einander stossen lässt, während man sie auf die zu messende Linie auflegt, und es kommt bei der Messung der graden Richtung zwischen zwei Punkten dann nur darauf an, dass man die Massstäbe immer in dem Alignement genau den einen in der Verlängerung des andern legt.

Wird die Horizontalentfernung zweier Punkte, also die Messung der Horizontallinie zwischen beiden nöthig, so müssen die Massstäbe auf Schemeln oder Stangen mit Krampen horizontal gelegt werden. Es kann dann bei geböschten Terrainlinien vorkommen, dass der eine nicht genau mit seiner Endfläche an den andern stösst, sondern höher oder tiefer zu liegen kommt. Um dann aber doch die beiden Flächen in der Horizontallinie aneinander stossen zu lassen, lässt man von dem höheren ein feines Loth herab, welches genau die Normale der Endfläche bezeichnet; an dies lässt man dann den zweiten Massstab sanft anstossen, oder man errichtet eine grade Latte senkrecht in der Lothlinie der Endflächen und lässt diese an die Mittellinie der Latte stossen. Durch Anwendung einer mit Masseintheilung versehenen Latte erreicht man gleichzei-

tig den Vortheil, dass man die Höhendifferenz der beiden Massstäbe messen, also auf der ganzen Linie ermitteln kann.

2. Messung einer graden Linie mit der Kette.

§ 172. Es sind zwei Arbeiter hierzu nöthig. Der Arbeiter II trägt an Karabinerhaken 10 Kettennägel. Die Kette wird auseinandergelegt, controllirt, ob alle Glieder grade sind, und dann mit den Endringen auf die Kettenstäbe gezogen. Der Arbeiter I stellt sich am Anfangspunkt auf, tritt dort den Kettenstab ein, stemmt den Fuss dagegen und lässt durch den Arbeiter II die Kette vorwärts ziehen, richtet dann dessen Kettenstab auf den Endpunkt der zu messenden Linie ein und ruft dann: Anziehen. Der Arbeiter II zieht durch die Hebelkraft mittelst des eingetretenen Kettenstabes die Kette straff, steckt dann an Stelle des Kettenstabes einen Kettennagel in die Erde, und Nr. I ruft dann: Auf! Beide laufen nun vorwärts. Nr. I kommt an die Stelle von Nr. II, nimmt den Kettennagel an sich, steckt den Kettenstab an dessen Stelle, richtet II auf den Endpunkt ein und commandirt wieder Anziehen und Auf! Nr. II steckt den 2. Kettennagel ein. So geht das Verfahren vorwärts, bis II alle seine Kettennägel an I überlassen hat. Hierdurch kann man controlliren, dass 10 Kettenlängen gemessen sind. Die Arbeiter tauschen dann wieder die Nägel aus, und so oft sie dies thun, so viel mal 10 Kettenlängen haben sie zurückgelegt. Ist der Boden geböscht — auf weitem Strecken, so muss dessen Neigungswinkel ermittelt werden und die gemessene geböschte Länge mit dem Cosinus des Böschungswinkels multiplicirt und dadurch auf den Horizont reducirt werden (NB. wenn dies besonders verlangt würde).

Finden sich Hindernisse für die Messung mit der Kette oder Massstäben im Terrain vor, die nicht ohne Weiteres durch Darüberspannen der Kette oder Darüberlegen des Massstabes vermessen werden können, so muss mittelst der Coordinatenmethode das betreffende Hinderniss von seitwärts umgangen und gemessen werden.

3. Vermessung einer gebrochenen und gekrümmten Linie mit der Kette oder dem Schritt, um sie graphisch auftragen zu können.

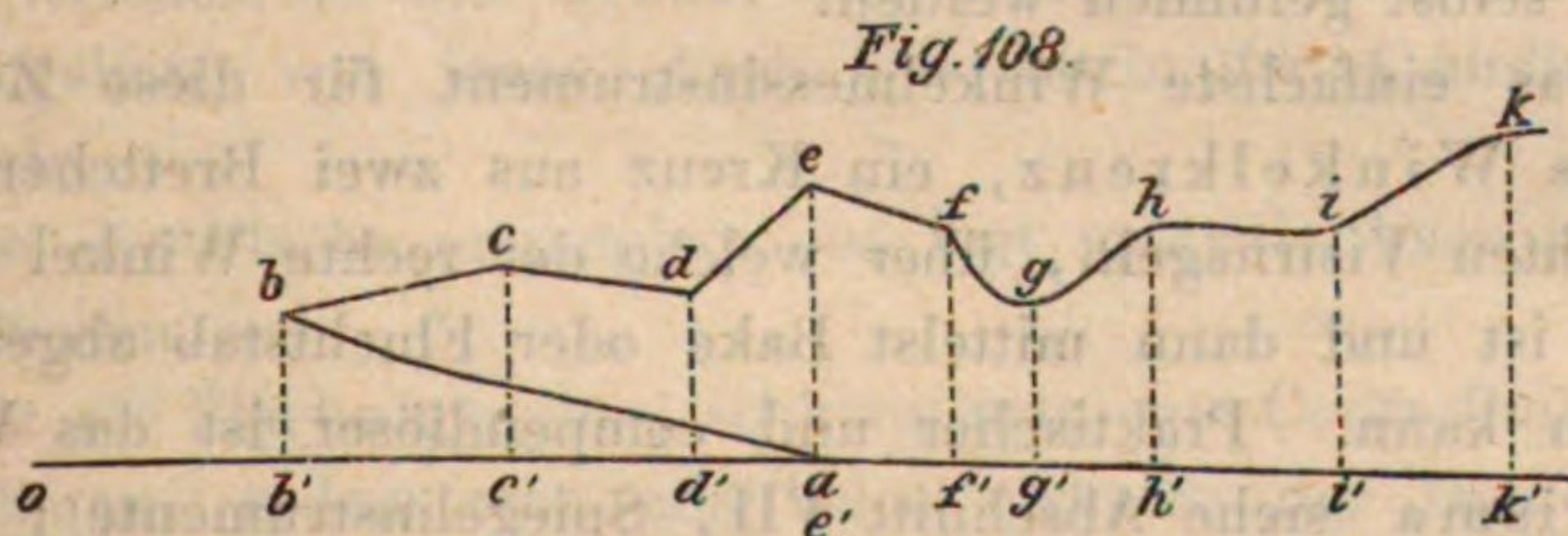
§ 173. Die Winkel, unter welchen die Bruchstücke einer gebrochenen Linie (oder gebogenen, die man als gebrochene betrachten kann) aneinanderstossen, sind so mannigfaltig und auch mittelst der Kette oder des Schrittmasses so schwer zu ermitteln, dass man gewöhnlich ein Verfahren anwendet, welches zwar nicht direct auf der Linie selbst vollzogen wird, aber nicht schlechtere Resultate erzielen lässt.

Es ist dies die Vermessung mittelst der Coordinatenmethode:

1. Man wählt in der Nähe in ungefähr paralleler Richtung zu der zu vermessenden Linie eine sogenannte Basis, Coordinatenaxe aus und misst dieselbe genau ab.

2. Das Bestimmen der Lage von Punkten geschieht nun folgendermassen:

a) Liegt der Punkt a in der Basis selbst, so muss man seine Entfernung von dem Anfangspunkt o , Nullpunkt, der Basis, abmessen;



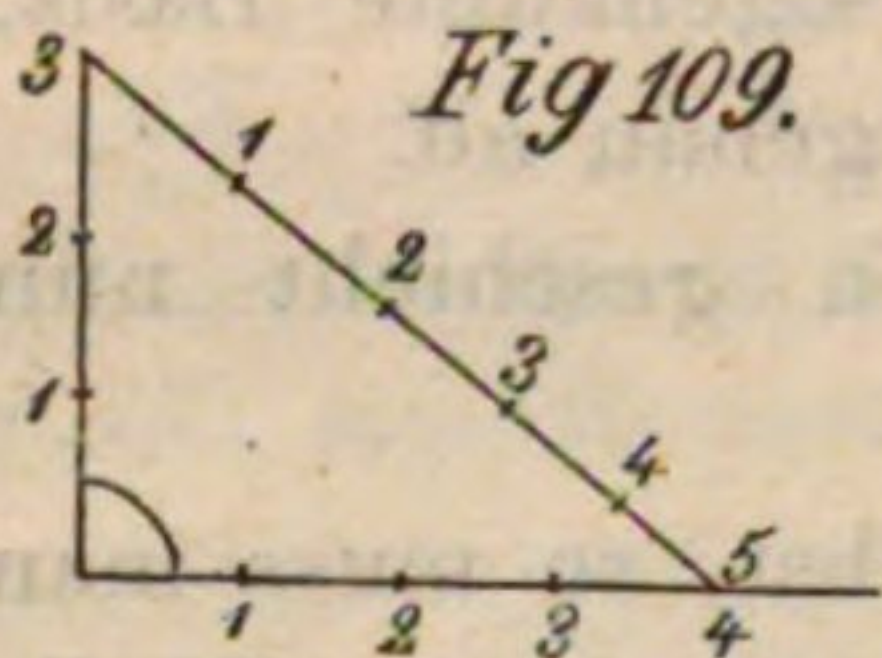
b) liegt der Punkt b ausserhalb der Basis, so misst man seine beiden Coordinaten ab, d. h. man misst die Länge des Perpendikels bb' von jenem Punkt auf die Basis, und das Stück der Basis ob' vom Anfangspunkt zu dem Einfallspunkt des Perpendikels, der Perpendikel heisst gewöhnlich Ordinate, das Stück der Basis Abscisse.

c) Hat man nun mehrere Punkte, z. B. die Bruchpunkte einer gebogenen Linie, oder des Umfanges einer Fläche zu ermitteln, so wiederholt sich die Messung ad *b* für jeden Punkt, indem man aber auf der Basis vom Nullpunkt aus fortschreitend verfährt.

3. Notirt man sich die Abscissen und Ordinaten, so kann man auf dem Papier durch Construction die Lage der Punkte zu der beliebig aufgetragenen Coordinatenbasis finden und aufzeichnen.

4. Winkelmessung durch Längenmesser.

§ 174. Auf der Genauigkeit des rechten Winkels, unter welchem man beim Messen der Ordinaten von der Basis abgeht, beruht natürlich grösstentheils die Richtigkeit des Verfahrens. Reicht für die Genauigkeit der Vermessung das Schätzen des rechten Winkels nach dem Augenmass nicht aus,



so muss der rechte Winkel entweder mittelst eines Winkelmessinstruments, oder durch Construction mit der Kette selbst gefunden werden.

Das einfachste Winkelmessinstrument für diese Zwecke ist das Winkelkreuz, ein Kreuz aus zwei Brettchen mit aufrechten Visirnägeln, über welche der rechte Winkel abgesehen ist und dann mittelst Bake oder Fluchtstab abgesteckt werden kann. Praktischer und compendiöser ist das Winkelprisma (siehe Abschnitt VII, Spiegelinstrumente); complicirte Instrumente hierzu giebt es in Menge (z. B. Theodolithen, s. daselbst).

Durch Construction lässt sich ein rechter Winkel mit der Kette herstellen, indem man sie nach dem Verhältniss des Pythagoras 3 : 4 : 5 theilt und straff zieht.

Jeder beliebige Winkel kann durch Längenmessung gefunden werden, wenn man von seiner Spitze aus je ein beliebiges Stück der Schenkel abmisst und ebenso die Verbin-

dungslinie der Endpunkte der Schenkelstücke misst. Aus dem Verhältniss der drei Stücke lässt sich auf dem Papier ein Dreieck construiren, welches den geforderten Winkel enthält.

5. Vermessung einer Fläche mit der Kette, um sie graphisch darstellen zu können.

§ 175. Die Vermessung einer Fläche beruht im Wesentlichen in nichts Anderem, als der Vermessung ihrer Umfangslinie, es bedarf also keines anderen Verfahrens, als des eben beschriebenen. Sind Punkte innerhalb der Fläche zu bestimmen, so hat dies eben so wenig Schwierigkeiten.

Kann die Fläche betreten werden, so legt man die Ordinatenaxe hindurch und nimmt von dort aus die Umfangslinie auf.

Ist die Fläche so gross, dass die Ordinaten zu lang und daher leicht fehlerhaft werden könnten, so wendet man sich zu einem anderen Verfahren:

die Perimetermethode,

d. h. man legt die Ordinatenaxen längs der Umfangslinie, bestimmt ganz genau die Länge dieser Axen, sowie die Winkel, unter welchen sie sich treffen, und misst die Bruchpunkte der Umfangslinie von jenen Axen aus nach der Coordinatenmethode.

Ist die Fläche ungangbar, so legt man die Axen ausserhalb herum.

Ist die Fläche gangbar, so kann man eine Controllmessung vornehmen, indem man eine oder mehrere der Diagonalen zwischen je zwei weiter auseinanderliegenden Bruchpunkten abmisst. Sich ergebende Fehler müssen dann aufgesucht oder auf die ganze Figur ausgeglichen werden.

Das Verfahren ist im Allgemeinen von bedeutender Zuverlässigkeit, verliert aber daran, wenn der Boden sehr von der horizontalen Gestalt abweicht.

Die Grössenausdehnung, d. h. den Quadratinhalt einer Fläche erhält man, wie aus der Geometrie bekannt, dadurch,

dass man sie als regelmässige Figur behandelt und in Dreiecke zerlegt, die man jedes für sich ausmisst, und deren Flächenräume dann addirt werden. Diese Dreiecke entstehen entweder durch das Ziehen von Linien aus einem Punkt nach den Ecken, oder das Ziehen der diagonalen, oder durch Theilung mittelst der Coordinatenmethode, oder durch beliebige andere Dreieckstheilung, also nicht anders, als wie dies schon erklärt wurde. Das Suchen des Quadratinhalts einer Figur des Feldes durch unmittelbare Messung nennt man im Gegensatz zur Vermessung oder Festlegung auch wohl die Ausmessung der Figur.

§ 176. Anmerkung. Bei Messungen mittelst des Schrittmasses, wie es bei flüchtigen Aufnahmen (Croquis) üblich ist, wendet man, um bequem die gemessenen Längen und Winkel auch ohne Zirkel auf dem Papier aufzutragen, fein quadrirtes Gitterpapier an. Der Abstand jeder Quadratlinie dieses Papiers von der andern bedeutet dann eine bestimmte Anzahl von Schritten. Die Perpendikel für die Coordinatenmessung werden durch die rechtwinklige Stellung der Gitterlinien von selbst gegeben. Gewöhnlich sind die Linien 2 Mm. von einander entfernt und in heller Farbe auf das Papier gedruckt, gelb oder hellbraun, auch hellblau.

VI. Abschnitt.

Nivellirinstrumente.

Einleitung.

Zweck und Constructionsprincip.

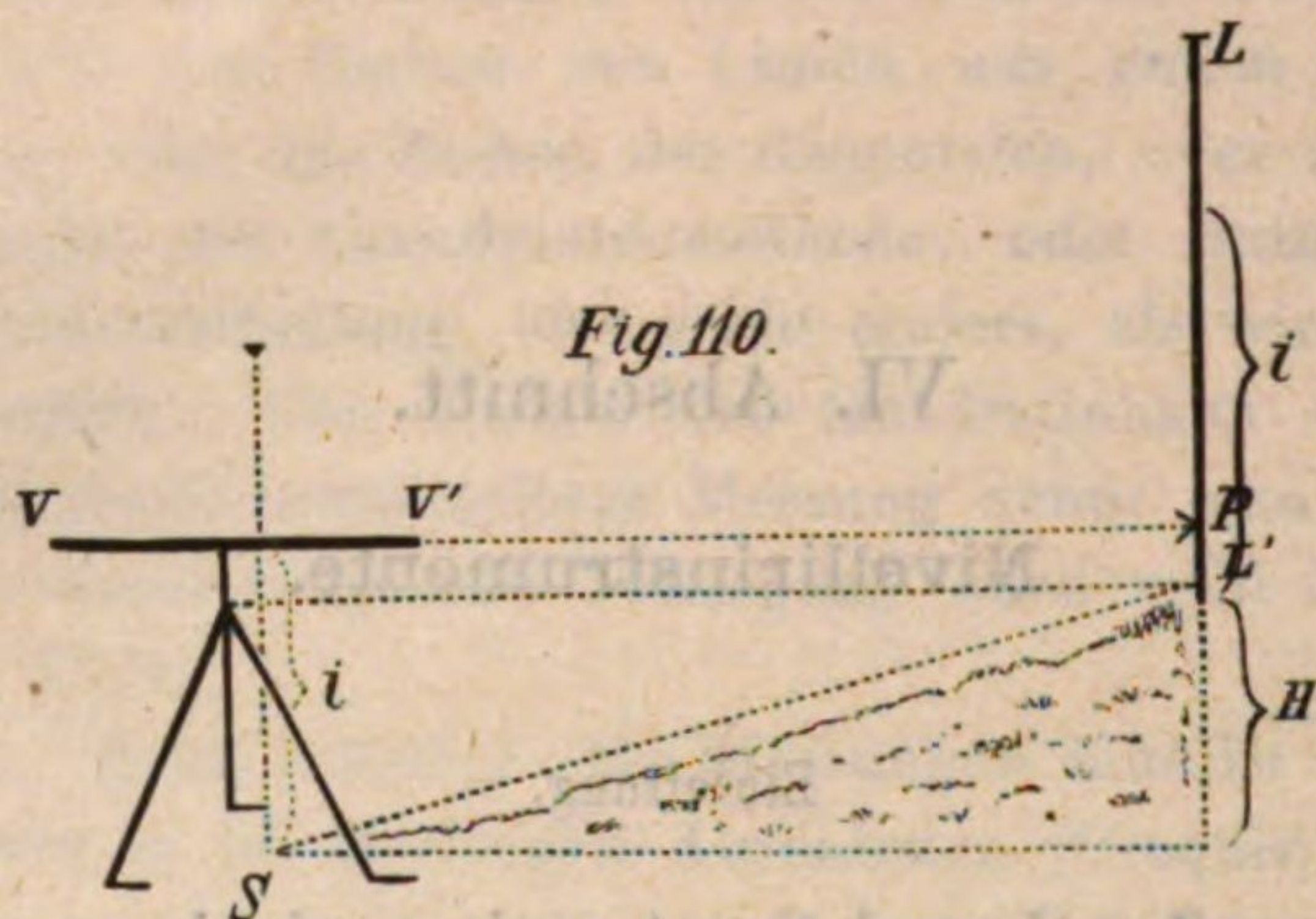
§ 177. Ein Terrain nivelliren, heisst: die Höhenlage aller Punkte des Terrains, unter Bezugnahme auf einen beliebigen Horizont, genau untersuchen. Die Nivellirinstrumente dienen zur unmittelbaren Messung der Höhenunterschiede von Punkten des Terrains, mit Hülfe eines vertikalen Massstabs.

§ 178. Das Constructionsprincip der Nivellirinstrumente lässt sich in Folgendem kurz erläutern: (Fig. 110)

Eine durch Diopter oder Fernrohraxe etc. mechanisch dargestellte horizontale Visirlinie VV' wird auf einem Stativ getragen und ist auf demselben in der Horizontalebene drehbar.

Als Hülfsinstrument gehört zu dem Apparat eine grade Latte LL' , welche genau lothrecht aufgestellt und an welcher der Punkt P bezeichnet werden kann, in welchem die verlängerte horizontale Visirlinie die Latte treffen würde. Die Latte muss ferner mit einer Masseintheilung versehen sein, an welcher man die Höhe $PL' = h$ dieses Treffpunktes über dem Fusspunkt L' der Latte ablesen kann. Ist die Höhe i der Visirlinie über dem Fusspunkt S des Stativs vorher an derselben Eintheilung abgelesen, so ergiebt die Differenz $i - h$ beider Ablesungen den Höhenunterschied H der beiden Ter-

rainpunkte, was an der Figur einfach zu beweisen ist, wenn man die Horizontallinien durch L' und S zieht.



Die Messung des Höhenunterschiedes zweier Punkte geschieht auf zweierlei Weise:

1. Man stellt das Instrument auf den einen Punkt auf und beobachtet von dort den andern (Nivelliren aus den Endpunkten).
2. Man stellt das Instrument über einem dritten Punkte auf und beobachtet von dort aus die beiden Objectpunkte (Nivelliren aus der Mitte).

Im ersten Falle muss die Instrumentenhöhe bekannt sein, im zweiten fällt sie aus der Betrachtung aus.

Erstes Kapitel.

Nivellirinstrumente ohne Fernrohr.

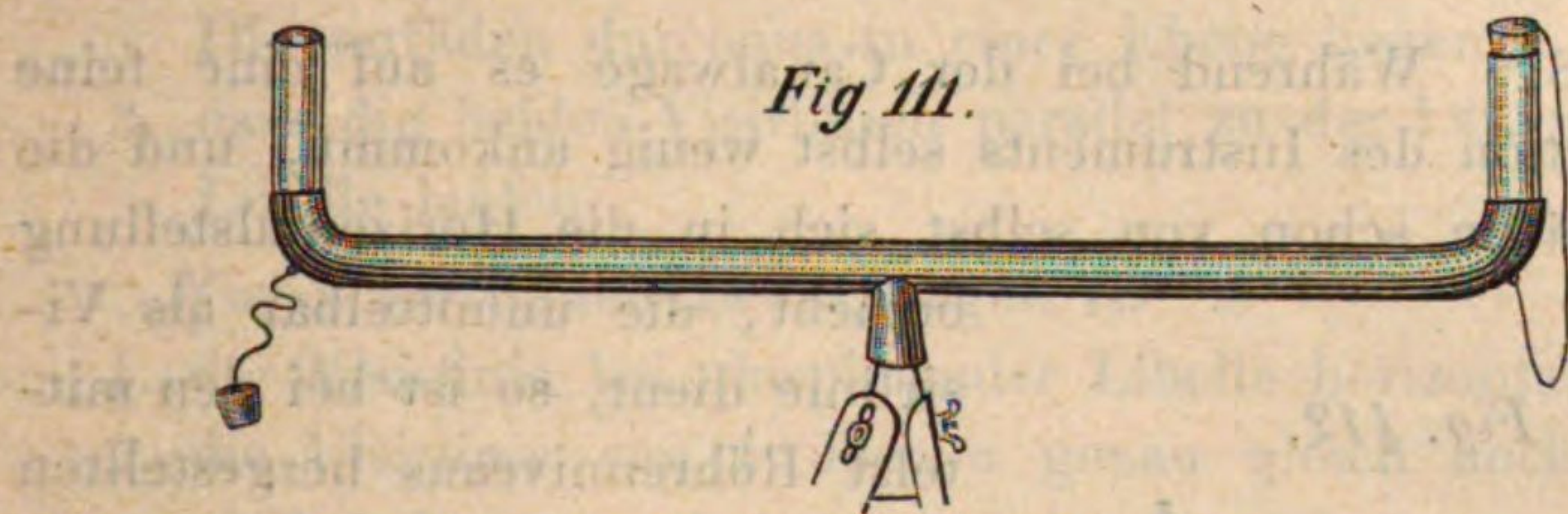
§179. Die horizontale Lage der Visirlinie wird, wie schon früher angegeben, durch ein Röhren- oder Dosenniveau, überhaupt durch den Stand einer Flüssigkeitsfläche controllirt und durch die bereits bekannten Mittel der Mechanik, wie Kugelenke u. dgl. hergestellt.

Abgesehen von den Pendelinstrumenten, als der Setzwage und andern unzuverlässigen Mitteln, sind die Canalwagen die

einfachsten und wohl auch urthümlichsten Nivellirinstrumente.

Die Canalwage.

Ein 1 M. langes cylindrisches wagerechtes Metallrohr von 3 Cm. Weite ist an den beiden Enden umgebogen, mit aufrecht stehenden kurzen cylindrischen Rohransätzen versehen,



in welche zwei Glasylinder gesteckt sind; die Röhre wird voll Wasser, zuweilen gefärbt, gegossen, so dass bei wagerechter Stellung der Röhre die Glasylinder etwa bis zu ihrer halben Höhe gefüllt sind. Die beiden Wasserflächen in den Cylindern ergeben die Horizontallinie, über welche visirt wird. Das Ganze wird mittelst angegossenen Hohlcylinders auf ein einfaches Stockstativ gesteckt. Beim Transport werden die Cylinder mit Stöpseln verschlossen. (Fig. 111.)

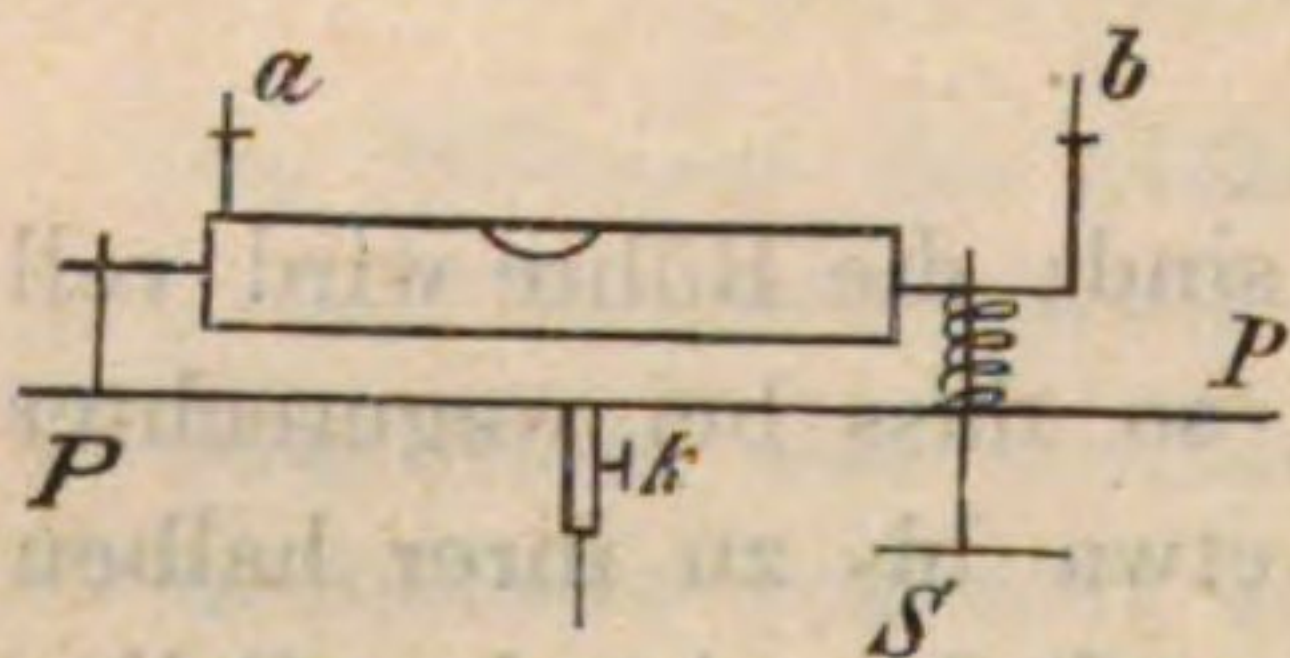
Das Instrument ist nur auf geringe Strecken zu gebrauchen, weil mit blossen Auge visirt wird, also höchstens 50 Meter. Der Fehler, welcher durch Verdunsten des Wassers entsteht, oder der der Capillarattraction, resp. Depression des Wassers zu der Glasfläche, sind für die einfachen Arbeiten, zu welchen die Canalwage gebraucht wird, irrelevant. Die Hauptsache ist, dass die Röhre wasserdicht ist. Die Drehung des Rohrs bei der Arbeit geschieht nur grob, und ist auch nicht sehr sicher. Bei schneller Drehung und Bewegung tritt leicht der Uebelstand ein, dass Wasser ausspritzt, denn bei der Beobachtung selbst dürfen die Pfropfen nicht aufgesteckt sein, die Circulation des Wassers würde durch die Wirkung der Luftverdünnung und Verdichtung zwischen Stöpsel und Wasserfläche im Cylinder gehemmt werden.

§ 180. Die Canalwage ist nur noch in alten Beständen vorhanden. Selbst der Maurermeister nivellirt heutzutage mit besseren Instrumenten. Es ist der Canalwage hier nur deshalb Erwähnung geschehen, weil sie hier und da noch existirt, aber jedenfalls ist das Instrument veraltet.

Das Niveaudiopter.

§ 181. Während bei der Canalwage es auf eine feine Construction des Instruments selbst wenig ankommt, und die Wasserfläche schon von selbst sich in die Horizontalstellung

Fig. 112.



begiebt, die unmittelbar als Visirlinie dient, so ist bei den mittelst Röhrenniveaus hergestellten horizontalen Visirlinien die Flüssigkeit selbst Nebensache, die Construction Hauptsache.

Das einfachste Nivellirinstrument mit Röhrenniveau ist folgendes: (Fig. 112)

Auf einer Platte *P*, die mittelst Hülse auf ein Stockstativ gesetzt ist, ruht eine Röhrenlibelle. Dieselbe ist an dem einen Ende *a* charnierartig befestigt; an dem andern Ende lässt sie sich mittelst Feder und Schraube fein auf- und abstellen.

Auf der Metallkapsel sind aufgelöthet oder auch verstellbar (also correcturfähig) aufgeschraubt zwei Diopter, bestehend aus Fadenkreuz und einem Ocularloch, in gleicher Höhe mit dem horizontalen Faden. Das eine der Diopter ist auch wohl an dem kurzen Hebelansatz angebracht, durch welchen die Stellschraube führt; beide Diopter sind so hoch errichtet, dass die Schraube das Visiren vorwärts (von *b* über *a*) und rückwärts (von *a* über *b*) nicht behindert.

Zum Gebrauch wird das Stativ auseinandergestellt, so dass die Unterlagplatte schon einigermaßen horizontal ist, dann auf dem Zapfen des Stativs die Platte gedreht, bis das Auge über *b* und *a* oder umgekehrt den Objectpunkt erblickt, und nunmehr mit Hülfe der Klemmschraube festgestellt, dann durch

die Schraube *S* die Röhrenlibelle zum Einspielen gebracht, dann ist auch die Visirlinie über Ocularloch und Haarschnittpunkt horizontal, und die Latte kann abgelesen werden.

§ 182. Anforderungen an das Instrument sind

1. dass die Libelle genau construirt und justirt sei, weil von dieser die Richtigkeit der Arbeit abhängt;
2. dass die 2 Ocularlöcher und die 2 Schnittpunkte der Diopterfäden durchaus in einer Ebene liegen;
3. dass die beiden Visirlinien parallel zu der Längensaxe der Libelle laufen.

Nur unter diesen Bedingungen ist

1. die Visirlinie bei einspielender Libelle horizontal,
2. die Visirlinie von *b* über *a* genau gleich hoch der von *a* über *b*.

§ 183. Prüfung. Man construirt sich aus unelastischem Bindfaden und Bleigewicht vier Lothe; auf dem Faden ist eine rothe oder weisse Perle schwer verschiebbar aufgezogen.

Die Prüfung geschieht in der Stube oder in windstillem Raume, wo man die Lothe frei und ruhig in Entfernungen von etwa zwei Meter von einander in einem Allignement aufhängen kann. Das Instrument stellt man zwischen die Lothe 2 und 3 etwa ins Allignement und richtet bei einschlagender Libelle erst vorwärts, auf 2 und 1, dann rückwärts, ohne das Instrument zu drehen, auf 3 und 4, die Perlen genau auf Ocular und Fadenkreuz ein. Hierzu muss ein Hülfсарbeiter die Perlen herauf- und herunterschieben, bis ihr Mittelpunkt von der Visirlinie getroffen wird. Stellt man das Instrument nun jenseits des einen Endpunktes 1 oder 4 auf, bringt die Visirlinie vorsichtig durch Zusammenziehen der Stativfüsse genau in die Höhe der Perle dort, und visirt über 1, 2, 3, 4, so muss die Visirlinie alle 4 Punkte treffen. Ist dies nicht der Fall, so ist eine Divergenz der Visirlinien unter einander, oder mit der Libellenaxe vorhanden, die bei dem nicht correcturfähigen Instrument nur durch den Mechaniker beseitigt werden kann. Bei feineren Instrumenten ist aber stets eine Correctur

durch den Arbeiter selbst möglich, dann geschieht die Prüfung auch in weniger oberflächlicher Art.

§ 184. **Das Stampfer'sche Nivellirdiopter** ist ebenfalls ein solches einfaches Niveaudiopter. Auf einer Unterlagplatte ruht, durch Charniergelenk gehalten, eine zweite Platte, welche auf Ersterer mittelst Schraubenspindel und Schraubenmutter fein gestellt werden kann (nebst Gegendruck durch Feder).

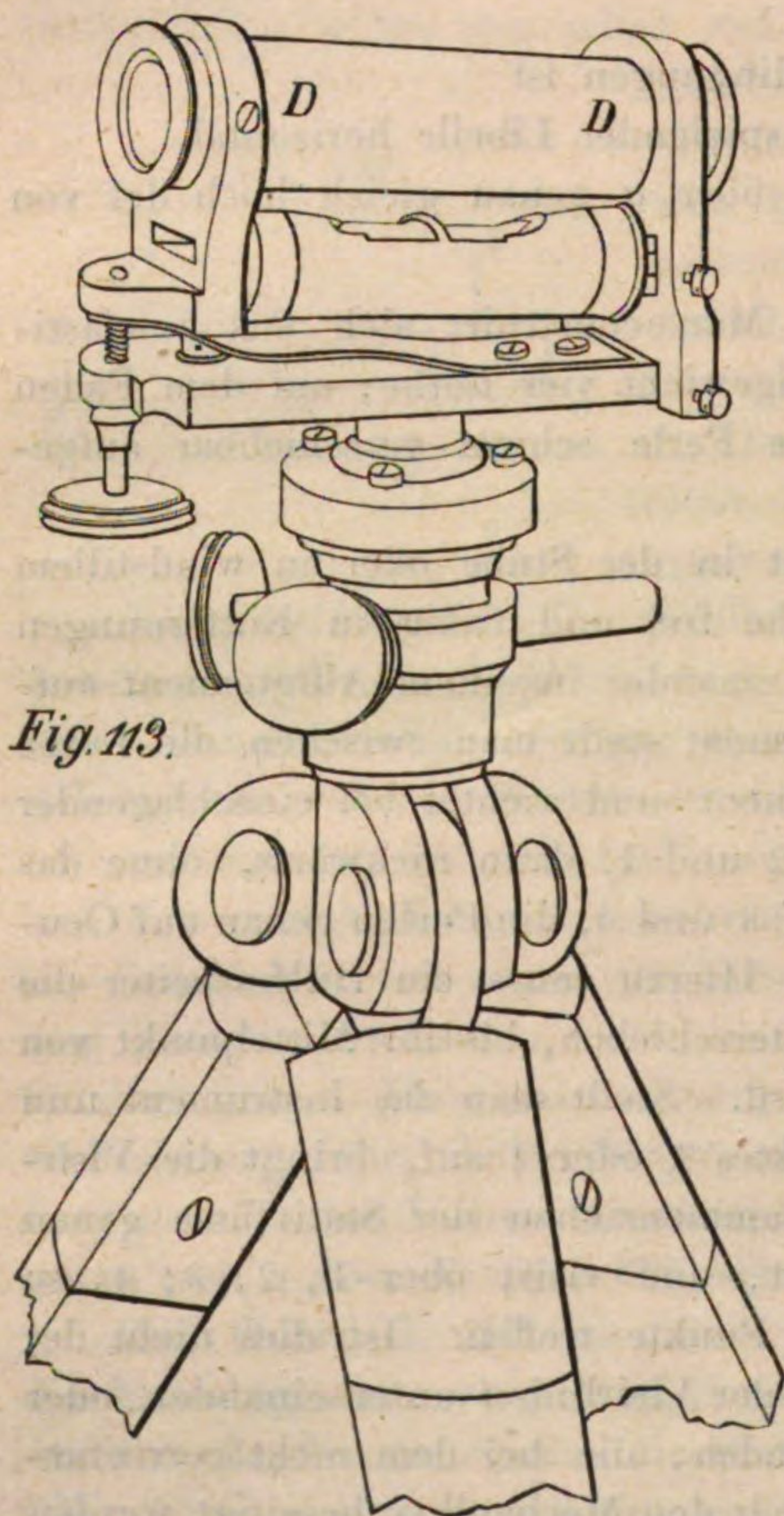
Auf der Trägerplatte ruht fest, doch justirbar, die Libelle, und daneben ein ihr paralleles Rohr mit Dioptern. Der ganze

Apparat kann mit Hülfe einer Nuss und vier Stellschrauben, fein horizontal gestellt, und endlich mit Hülfe der Holzschraube auf jede Basis festgeschoben werden.

§ 185. **Das Stampfer'sche Nivellirdiopter** ist durch **Breithaupt** verbessert worden, und zwar dadurch, dass er ihm das Breithaupt'sche Convexlinsendiopter DD' und die Breithaupt'sche Nuss mit zwei Stellschrauben und gegendrückender Spiralfeder verliehen hat, und das Ganze auf ein einfaches Stockstativ setzte. (Fig. 113.)

Zu jedem Nivellirdiopter gehört eine Nivellirplatte oder Nivellirband. (s. w. u.)

§ 186. Anmerkung. Für den Gebrauch gilt



im Allgemeinen dasselbe, was für die Canalwagen bereits gesagt ist. Von praktischem Nutzen wäre am meisten das letzterwähnte, doch zieht jeder, der heute Geld für derartige Dinge ausgiebt, auch diesem ein Nivellirfernrohr gleicher Dimension vor, durch welches ungleich bessere Resultate erzielt werden.

Zweites Kapitel.

Nivellirfernrohre.

§ 187. Denkt man sich die eben beschriebenen Instrumente dahin vervollkommnet, dass die Dioptervorrichtung durch ein Fernrohr mit Visirkreuz ersetzt ist, so erhält man das Nivellirfernrohr. Zu jedem Nivellirfernrohr gehört als Hülfsvisirinstrument die Nivellirlatte, in Form eines mehr oder weniger genauen Massstabes, zum Ablesen der Höhenunterschiede.

§ 188. Die **Anforderungen**, denen ein zum Nivelliren gebrauchtes Fernrohr zu genügen hat, sind:

1. dass seine optische Axe parallel der der Libelle sei. Jede Abweichung muss controllirt und corrigirt werden können, die Libelle selbst natürlich sorgsam construirt und corrigirt sein.
2. Die Fernrohraxe muss unter Controlle der Libelle horizontal gestellt werden können. Dies wird bewirkt durch die bekannten mechanischen Mittel, indem man das Fernrohr entweder auf eine Nuss, oder einen Dreifuss mit Stellschrauben setzt.
3. Das Fernrohr muss sich horizontal drehen lassen, und die optische Axe, Visirlinie, darf hierbei nicht aus der angenommenen horizontalen Lage heraustreten, die Libelle muss also permanent einspielen. Dies richtig und zuverlässig zu construiren, ist Sache des Mechanikers. Lange konische Drehaxen, genaue rechtwinklige Stellung der Fernrohraxe zu diesen Drehaxen sind die Hauptfordernisse, ohne welche nichts Besonderes zu erreichen.

4. Die Vergrößerung des Fernrohrs, die Feinheit der Libelle und die Theilung der Nivellirlatte müssen in richtigem Verhältniss zu einander stehen. Will man sehr geringe Höhenunterschiede absehen, so muss die Latte besonders sorgfältig construirt und eingetheilt sein, das Fernrohr muss bedeutend vergrössern, damit man die Theilung auf weitere Entfernung sehen und beobachten kann, die Centrirung des Fernrohrs und der Visiraxe muss besonders scharf geleistet, die Libelle empfindlich genug sein, um eine auf der feinen Eintheilung der Latte noch bemerkliche Abweichung der Visiraxe von der Horizontallinie sofort bemerklich zu machen.

Das einfache Nivellirinstrument auf Dreifuss.

§ 189. Dasselbe besteht aus:

1. Fussgestell,
2. dreifüssigem Aufsatz mit Buchse (oder Hülse) und Schraubenspindel,
3. Fernrohr nebst Libelle, mit vertikaler Drehaxe.

ad 1. Das Fussgestell ist das bereits beschriebene Tellerstativ mit charnierartig sich bewegenden vollen Füßen.

ad 2. Der dreifüssige Aufsatz besteht aus einem flachen Dreifuss D mit in der Mitte eingeschnittenem Muttergewinde. An den Enden der Dreifussarme befinden sich Stellschrauben S, S', S'' , deren Gang in ihren Muttern durch die Klemmschrauben $\sigma, \sigma', \sigma''$ geregelt werden kann; sie endigen in konisch abgestumpften Spitzen, welchen die in den Stativkopf eingesenkten Messingcylinder $\varphi, \varphi', \varphi''$ entsprechen; die Oberflächen derselben sind noch mit Nuten versehen, so dass die Spitzen ihre Richtung gegen die Mitte des Stativkopfs innehalten. (Fig. 114.)

Auf der konischen oder doppeltkonischen stählernen Vertikalaxe A ist die Trägerplatte T rechtwinklig zu ihr angeschoben.

Auf dieser Trägerplatte ist die Libelle α mittelst zweier Arme a, a' durch die Schrauben l, l' befestigt; in der Träger-

platte unter dem Arme α liegt eine gegenwirkende Spiralfeder, so dass die Schraube l zugleich als Correctionsschraube dient. Auf die Glasröhre der Libelle ist die übliche Scala eingerissen,

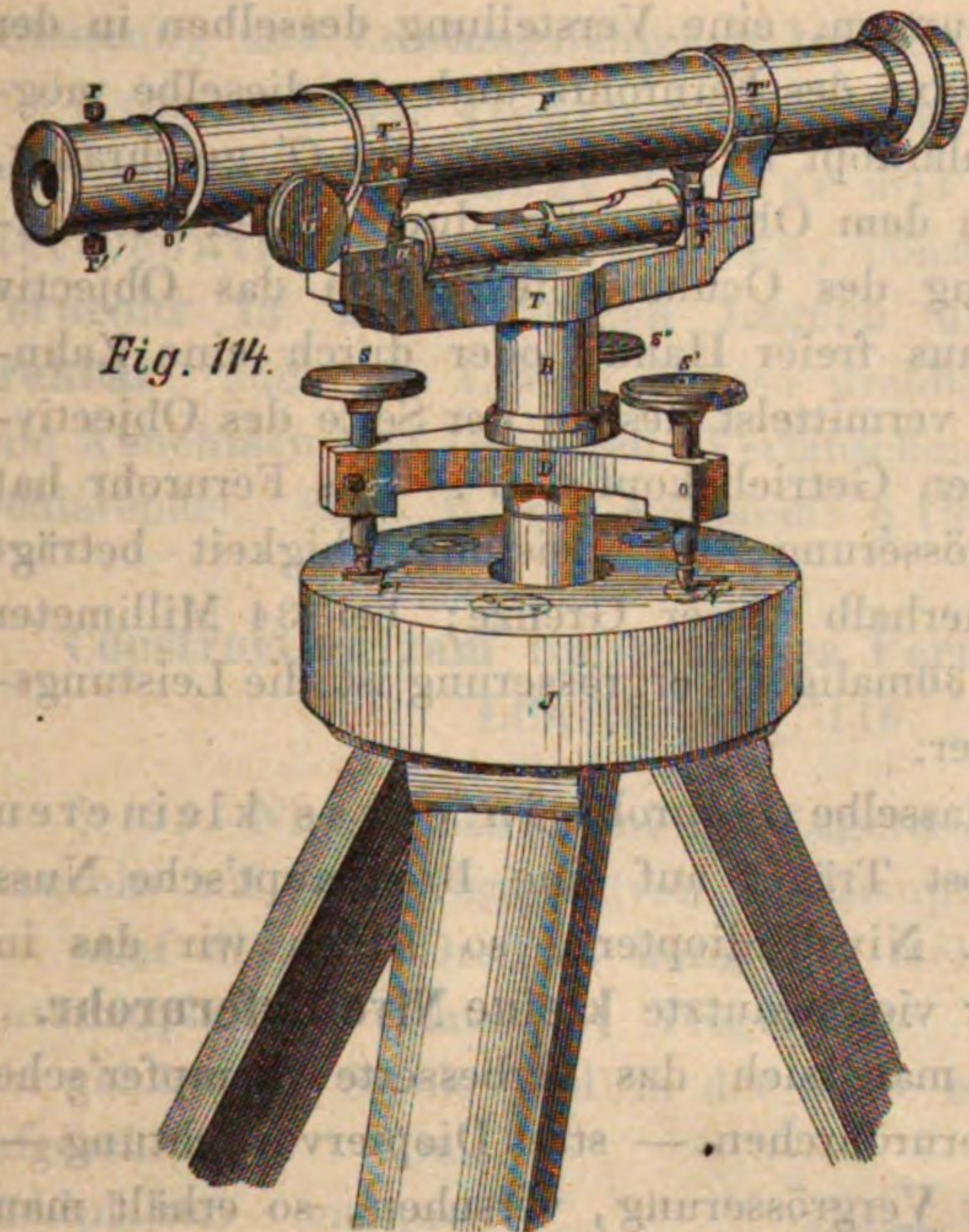


Fig. 114.

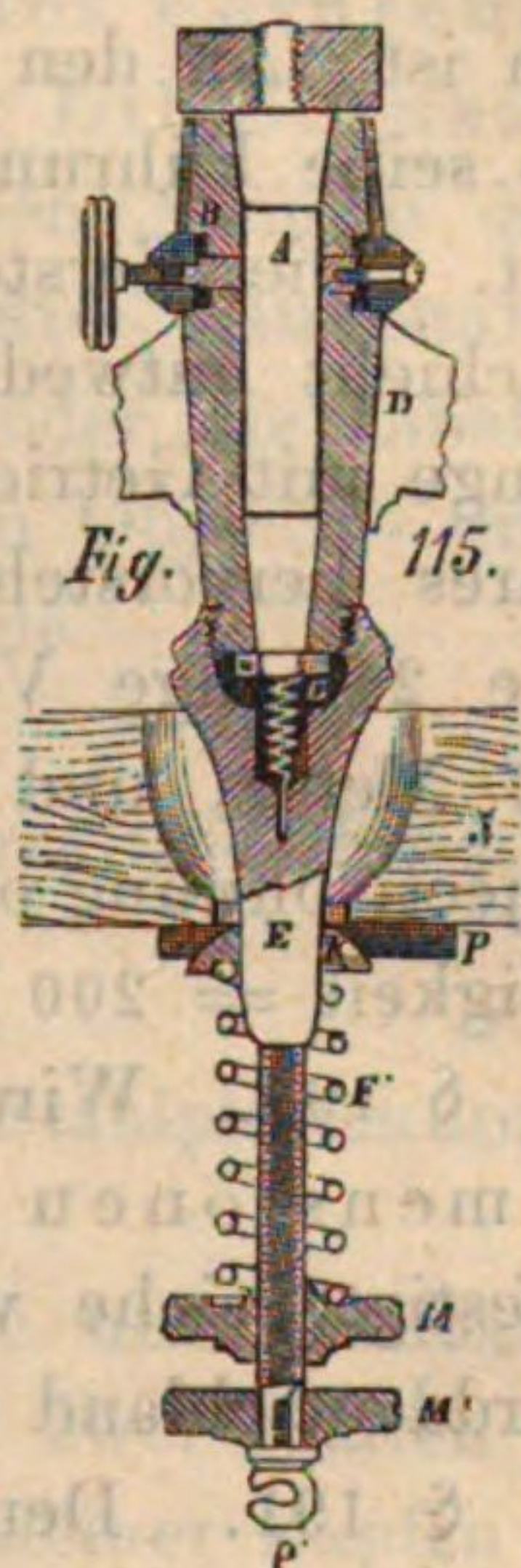


Fig. 115.

oder das Einspielen der Libelle wird nach zwei Stegen an der Libellenfassung bestimmt. Ueber der Libelle, zugleich zum grösseren Schutze derselben, befindet sich, durch die ringförmigen Träger T gehalten, das 2 Decimeter lange astronomische Fernrohr F ; das achromatische Objectiv hat 27 Mm. Oeffnung und ist beim Nichtgebrauch des Instruments durch eine Kapsel geschützt. Der Ocularkopf O ist ein Huyghens'scher, das Collectiv dient zur Verkürzung der Bildweite, ausserdem zur Erweiterung des Gesichtsfeldes und Vermehrung der Helligkeit, das Augenglas wirkt als einfache Lupe. Mit der Bildebene, zwischen beiden Ocularlinsen zusammenfallend, ist in Ring R das Visirkreuzglas (einfaches Kreuz aus Vertikal- und Horizontalstrich gebildet) eingelassen. Die Druckschrauben

r, r' gehen durch erweiterte Oeffnungen in der Wandung des Ocularkopfes, haben ihre Mutter in dem Ringe R und drücken gegen die Blendung b , so dass nicht allein eine Verschiebung des Glaskreuzes im vertikalen Sinne, sondern auch, vermöge der erweiterten Oeffnungen, eine Verstellung desselben in der Richtung der Längsaxe des Fernrohrs und um dieselbe möglich ist. An den Ocularkopf ist das Auszugrohr O' geschraubt, das seine Führung in dem Objectivrohre durch einen Steg erhält. Die Verstellung des Ocularkopfes gegen das Objectiv geschieht entweder aus freier Hand, oder durch eine Zahnstange mit Getriebe, vermittelt des an der Seite des Objectivrohres hervorstehenden Getriebekopfes G' . Das Fernrohr hat eine 24malige Vergrösserung, die Leistungsfähigkeit beträgt 150 Meter, und innerhalb dieser Grenze; bei 34 Millimeter Objectivöffnung oder 30maliger Vergrösserung ist die Leistungsfähigkeit = 200 Meter.

§ 190. Wird dasselbe Fernrohr in etwas kleineren Dimensionen nebst Träger auf eine Breithaupt'sche Nuss befestigt (siehe verb. Nivellirdiometer), so haben wir das in Norddeutschland sehr viel benutzte **kleine Nivellirfernrohr**.

§ 191. Denkt man sich das verbesserte Stampfer'sche Nivellirdiometer mit Fernröhrchen. — statt Diopterröhrchen — von 5- bis 6maliger Vergrösserung, versehen, so erhält man das **Taschen-Niveau**, ein kleines Instrument, welches man, in Etui verschlossen, in der Rocktasche tragen, und dessen Stativ als Stock benutzt werden kann.

§ 192. Wird von der Drehung und Horizontalstellung grössere Sicherheit und Genauigkeit gefordert, so erhält das Instrument einen geschweiften Dreifuss mit doppeltkonischer Vertikalaxe A und eine Ringklemme q zur Fixirung in horizontalem Sinne. Die in Kugeln auslaufenden Enden der Stellschrauben S, S', S'' werden in entsprechenden Vertiefungen der auf dem Teller des Fussgestells freiliegenden Fussplatten $\varphi, \varphi', \varphi''$ gehalten, ohne jedoch die Schrauben selbst in ihren Drehungen zu hindern, auch haben die Klemmschrauben $\sigma, \sigma', \sigma''$ grosse Köpfe, um sie leicht aus freier Hand benutzen zu können. (Fig. 115.)

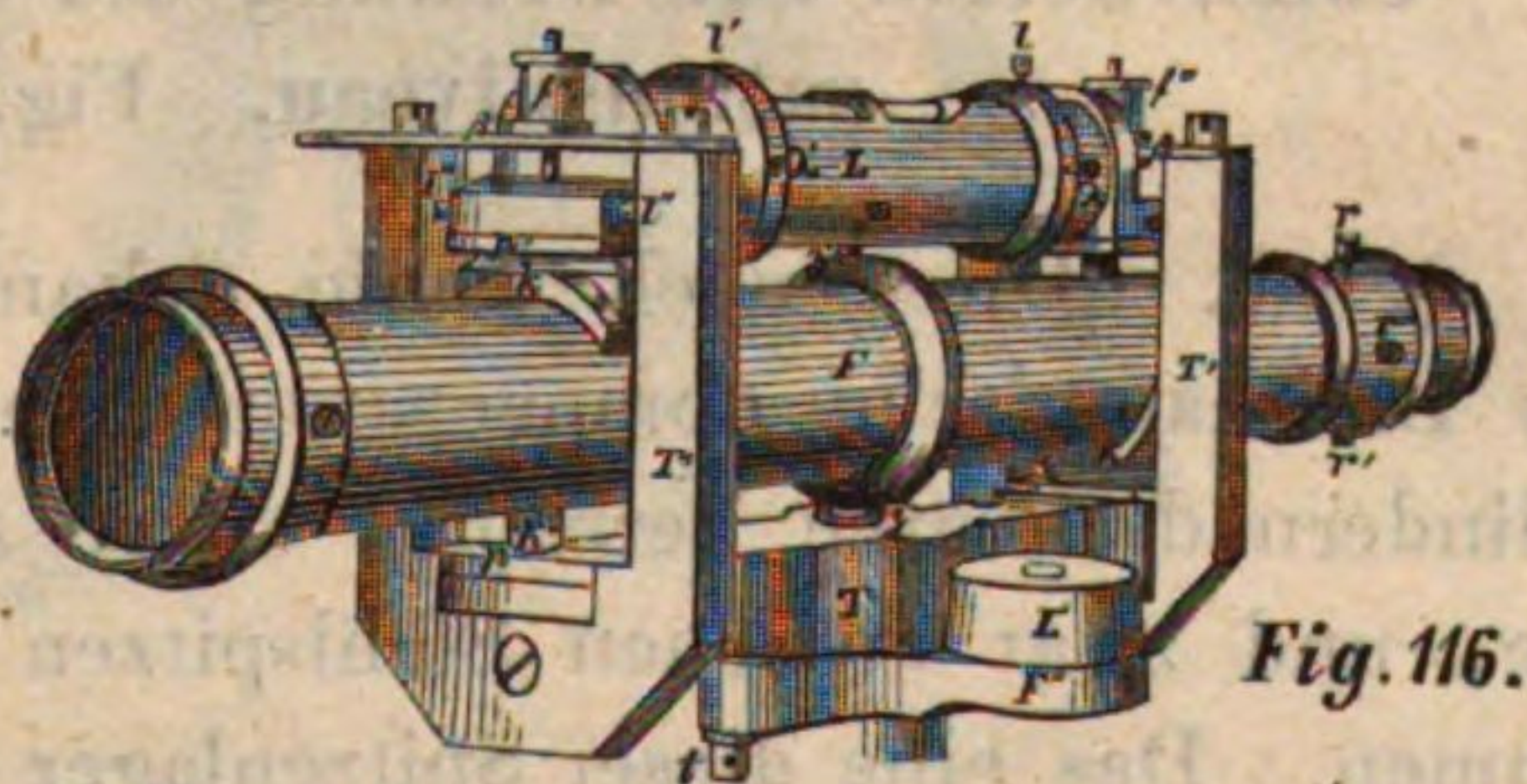
§ 193. Um die Vergrößerung, Helligkeit und Grösse des Gesichtsfeldes zu erhöhen, erhält das Fernrohr ein orthoskopisches Ocular, und bei 34—41 Millimeter Objectivöffnung dann eine 36- bis 50malige Vergrößerung und Leistungsfähigkeit bis 250 und 380 Meter.

§ 194. Um die richtige Centrirung des Fernrohrs und die parallele Lage der Axe mit der Libellenaxe stets controlliren zu können, construiren Manche das **Fernrohr in kreisförmigen Lagern um die Längsaxe drehbar**, auch die Libelle ebenso drehbar, oder die Libelle zum Abnehmen und Umsetzen (Vertauschen von Objectiv- und Ocularende). So z. B. in Folgendem: § 195. 196.

Construction zum Umlegen des Fernrohrs und der Libelle. Fig. 116.

§ 195. Nivellirinstrument mit Lagern aus Stahlplatten und Fernrohr auf Stahlprismen (von Breithaupt).

»Auf die auf Dreifuss horizontal stellbare und drehbare Unterlagplatte *T* (Flansche, Trägerplatte) sind zwei Platten *p* von gehärtetem Stahle und in der Mitte ein kleiner Zapfen *z* aufgeschraubt. Den Stahlplatten entsprechend sitzen diametral gegenüber an dem Fernrohre, ebenfalls aus gehärtetem Stahle, zwei Prismen *k* mit horizontal liegender Seitenkante und zwei Kopfschrauben *k'*, so dass bei der Umlegung des Fernrohrs um 180° im Sinne der Längsaxe das einmal ein Prisma und ein Schraubenkopf, das anderemal ein Schraubenkopf und ein Prisma auf denselben Platten aufliegen, der Zapfen *z* aber jedesmal in eine Oeffnung am Fernrohre eintritt. Die Libelle *L* mit 10 Secunden Angabe hat an den unteren Seiten ihrer verkürzten Füsse ebenfalls Stahlplatten *p'*, welche auf ein



Prisma und einen Schraubenkopf des Fernrohrs zu liegen kommen. Gegen die seitliche Abweichung der Libelle dienen an derselben Schrauben l'' , gegen die gleitende der in eine der Oeffnungen des Fernrohrs eingreifende Zapfen z' . Durch den an den Angriffspunkten verwendeten gehärteten Stahl wird der Abnutzung möglichst vorgebeugt. Fernrohr und Libelle werden in den Gabeln durch die Bügel β gehalten, an welche noch ein besonderer Federdruck F'' angebracht ist. Das Fernrohr hat ein Objectiv von 36, 41 und 48 Millimeter Oeffnung, ein orthoskopisches Ocular, eine 45-, 50- und 60malige Vergrößerung und eine Leistungsfähigkeit von 300, 380 und 630 Meter.

Zwei Instrumente dieser Construction wurden zu Präcisions-Nivellements für die Europäische Gradmessung benutzt; die Resultate sind derart, dass sie an Genauigkeit die Grenze des Erreichbaren liefern, die Instrumente mithin den Besten anderer renommirter Institute mindestens gleichzustellen, in Bezug auf solide Bauart aber jedenfalls vorzuziehen sind. « Vgl. Berichte des Verf. in den Gen.-Ber. üb. d. Eur. Gr.-Mess. 1867—69. [Aus: Fr. Breithaupt, Niv.-Instr. nebst Beschrbg. v. Börsch.]

Construction zur Drehung der Libelle. Compensationsniveau. Fig. 117.

§ 196. Diese noch wenig gekannte Einrichtung besitzt das Breithaupt'sche Compensationsniveau. Zur Seite des in Cylindern drehbaren Fernrohrs sitzen zwei Arme, welche letztere, und zwar zwischen Stahlspitzen die Röhrenlibelle aufnehmen. Das eine dieser Spitzenlager ist corrigirbar, während die andere Spitze an einem prismatischen Schieber sitzt, welcher festgeklemmt wird. Die Libelle dreht sich um ihre Axe und wird bei der Umdrehung des Fernrohrs vermöge eines unter dem Libellengehäuse angebrachten Gewichtes mit ihrem oberen Ausschnitt für die Beobachtung der Luftblase immer nach oben gehalten. Für die halben Umdrehungen des Fernrohrs sind corrigirbare Anschläge angebracht. Die Röhrenlibelle lässt sich in ihrem Gehäuse corrigiren. Die Construction des Compensationsniveaus ist in Fig. 117 dargestellt.

sationsniveaus gestattet, sogar ohne vorhergegangene Prüfung und Berichtigung, selbst bei Nivellements aus den Endpunkten, auf das Einfachste richtige Resultate zu erzielen, da auch ungleiche Durchmesser der um das Fernrohr befestigten und in Cylinderlagern ruhenden Ringe keinen nachtheiligen Einfluss ausüben. Eine Dosenlibelle dient zur Erleichterung der

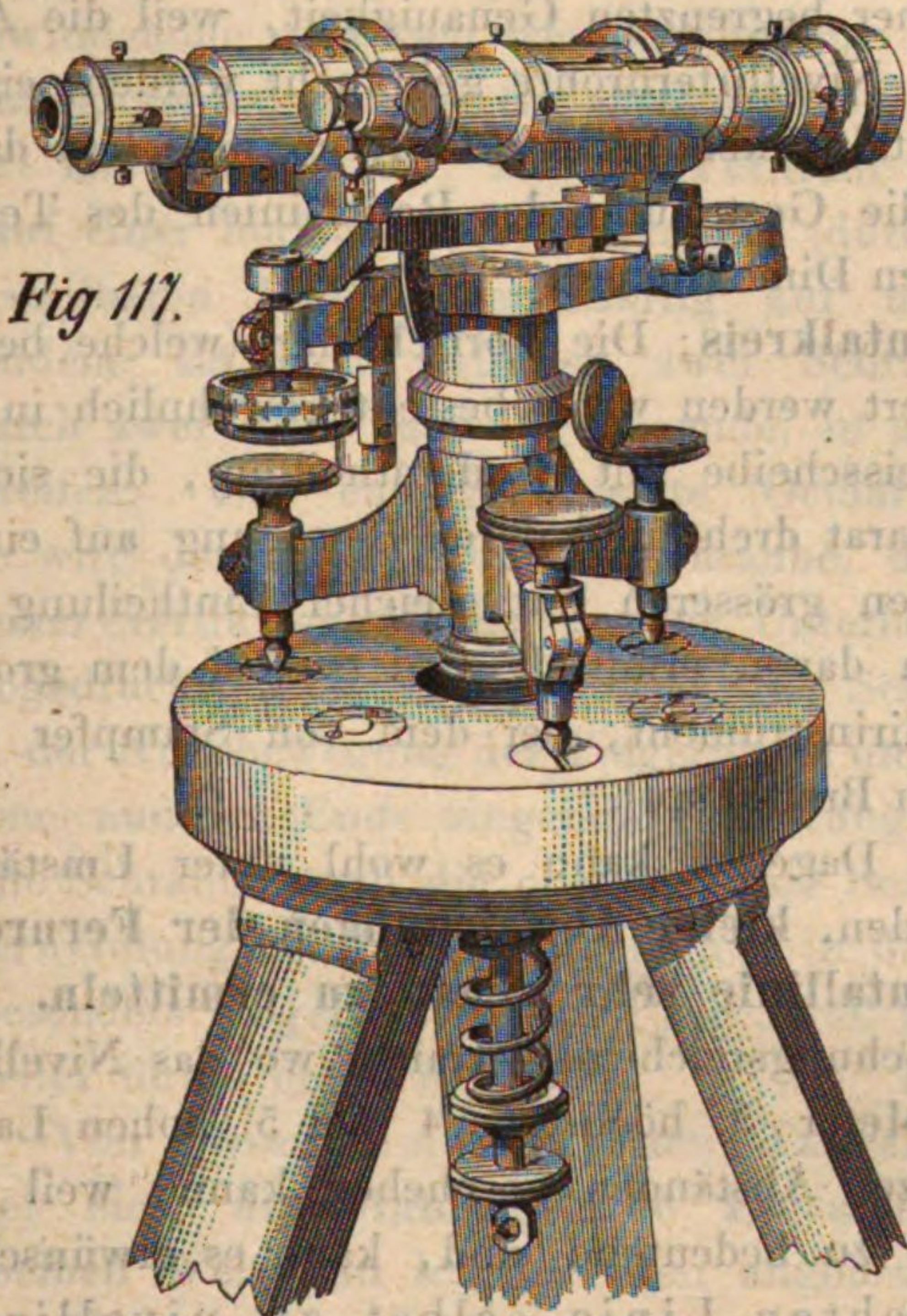


Fig 117.

Horizontalstellung. Durch die auf der Ocularseite befindliche Tangentialschraube wird das Fernrohr mit der Libelle zur vertikalen Drehungsaxe senkrecht gestellt. Wird vermittelt jener Schraube die Libelle zum Einspielen gebracht und von neuem die Höhe abgelesen, so ist aus beiden Beobachtungen das arithmetische Mittel die richtige Ablesung, indem durch diese Operation alle Correctionsmängel des Instruments compensirt werden, (vorausgesetzt, dass die Libelle zuvor berichtigt

ist). — Der getheilte Kopf der Mikrometerschraube dient zugleich zur Distanzmessung nach der Stampfer'schen (s. das.) Manier. — [Nähere Beschreibung siehe V. Heft des Breithaupt'schen Magazins, die Nivellirinstrumente von Dr. Börsch.]

§ 197. Einzelne Nivellirinstrumente gestatten die **Ablesung der horizontalen Drehung des Nivellirfernrohrs** um seine vertikale Axe in Bogen- oder Winkeltheilen. In der Regel aber nur mit einer begrenzten Genauigkeit, weil die Arbeiten, zu welchen die Nivellirfernrohre gebraucht werden, eine Messung von Horizontalwinkeln nicht erfordern; man legt das Hauptgewicht auf die Gestaltung der Relieflinien des Terrains, also die vertikalen Dimensionen.

Horizontalkreis: Die Vorrichtung (welche beim Theodolithen erörtert werden wird) besteht gewöhnlich in einer horizontalen Kreisscheibe mit Gradeintheilung, die sich mit dem ganzen Apparat dreht und deren Bewegung auf einer anderen concentrischen grösseren mit gleicher Eintheilung in Graden und Theilen davon ermittelt wird [so bei dem grossen Ertel'schen Nivellirinstrument, bei dem von Stampfer und Starke, bei dem von Breithaupt].

§ 198. Dagegen kann es wohl unter Umständen nothwendig werden, **kleine Abweichungen der Fernrohraxe von der Horizontallinie sehr genau zu ermitteln**. Namentlich in sehr böschungsreichem Terrain, wo das Nivelliren an der nur wenig Meter (3, höchstens 4 und 5) hohen Latte nur immer in kurzen Abständen geschehen kann, weil die Höhenunterschiede zu bedeutend sind, kann es erwünscht sein, in der geböschten Linie selbst zu nivelliren. Dann wendet man entweder den Höhenkreis, oder die Tangentialschraube an.

§ 199. Der **Höhenkreis** ist eine vertikale Kreisscheibe oder ein Theil derselben, die jede Bewegung des Fernrohrs in der Vertikalebene mitmacht. Am Rande ist die Kreisscheibe mit Graduierung versehen, und man kann mit Hülfe dieser an einem feststehenden Zeiger an der Vertikalaxe des Apparats die Böschung der Fernrohraxe in Graden und Theilen davon ablesen.

§ 200. **Die Tangentialschraube**, s. Fig. 117, von Fr. Breithaupt construirt, ist eine feine, mit Trommel versehene Mikrometerschraube; die Gewindehöhe dieser Schraube ist gegeben, und die Schraube hiernach ausserordentlich sorgfältig geschnitten. Die Trommel am Schraubenkopf ist mit einer guten Gradeintheilung versehen und lässt sich an einem feststehenden Zeiger drehen, so dass noch sehr geringe Theile der Umdrehung, oder also der Gewindehöhe gemessen werden können. Die Einrichtung des mit Tangentialschraube versehenen Nivellirinstrumentes ist folgende: Die Trägerplatte, auf der Fernrohr und Libelle ruhen, ist auf einer horizontal drehbaren und (durch den Fuss) horizontal stellbaren Platte charnierartig auf und ab beweglich, indem sie sich zwischen zwei Schraubenspitzen hält, die durch zwei Arme (am Objectivende) in die Unterlagplatte eingreifen. Das entgegengesetzte (Ocular-) Ende der Trägerplatte wird durch die Tangentialschraube, die ihr festes Lager in einer vertikalen Mutter an der Unterlagplatte hat, auf- und abgedrückt, resp. gezogen. Weil die Schraubenspindel eine zu der Kreisbewegung der Trägerplatte um die Schraubenspitzen am anderen Ende tangential Richtung stets beibehält, trägt die Schraube auch die obengenannte Bezeichnung.

Zur Verwendung der Tangentialschraube in der Praxis gehört eine besonders eingerichtete Latte mit zwei Visirpunkten, wie sich weiter unten ergeben wird.

§ 201. Von dieser Breithaupt'schen Tangentialschraube unterscheidet sich die **Stampfer'sche Elevationsschraube**, die in derselben Weise an Instrumenten angebracht und benutzt wird: »Es besteht dieselbe in einer fein geschnittenen Schraubenspindel f , welche mit ihrem Kopfe in die Trägerplatte so eingesetzt ist, dass sie pendelförmig bewegt, aber nicht um ihre Längsaxe gedreht werden kann. Sie sitzt, von einer Spiralfeder umgeben, in dem Cylindergehäuse G , welches in der Unterlageplatte eingeschroben ist. Unterhalb desselben wird sie durch die mit Trommel t versehene Schraubenmutter E gehalten, während die Spiralfeder den nöthigen Gegendruck übt. Die vollen Umdrehungen der Schraubenmutter E werden an der Scala S durch den Index i bestimmt. Der Nullpunkt

der Scala *s* ist am unteren Ende derselben, die Zahlen wachsen mithin nach oben, und diesen entsprechend geht auch die

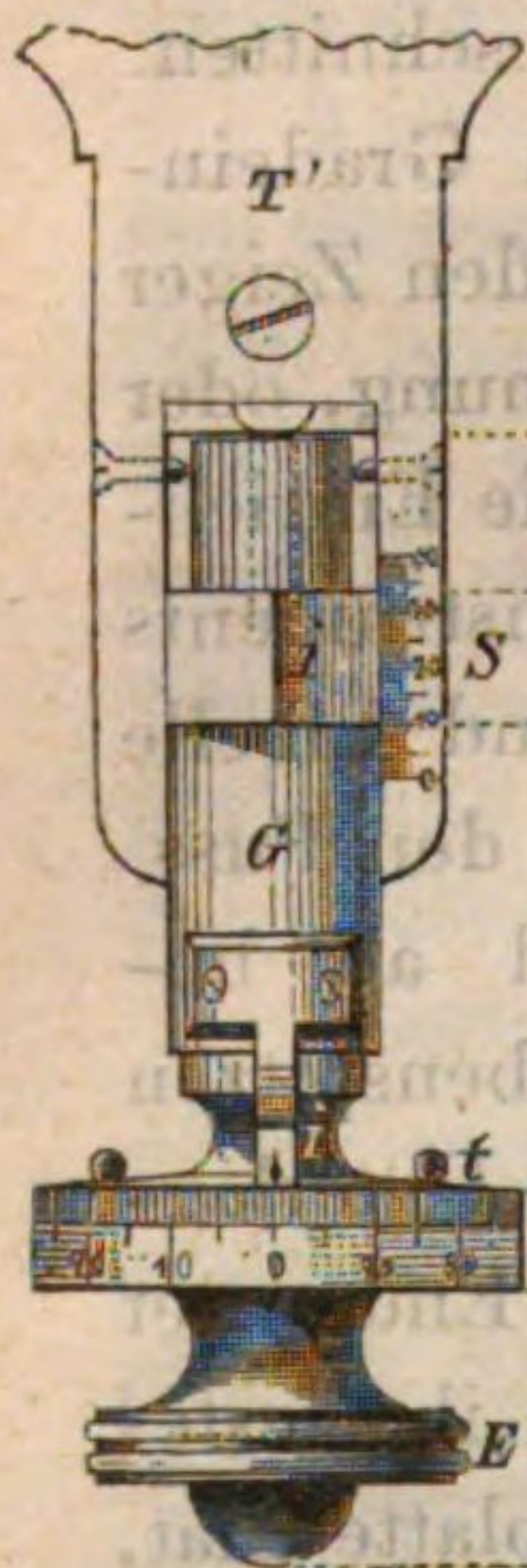


Fig 119

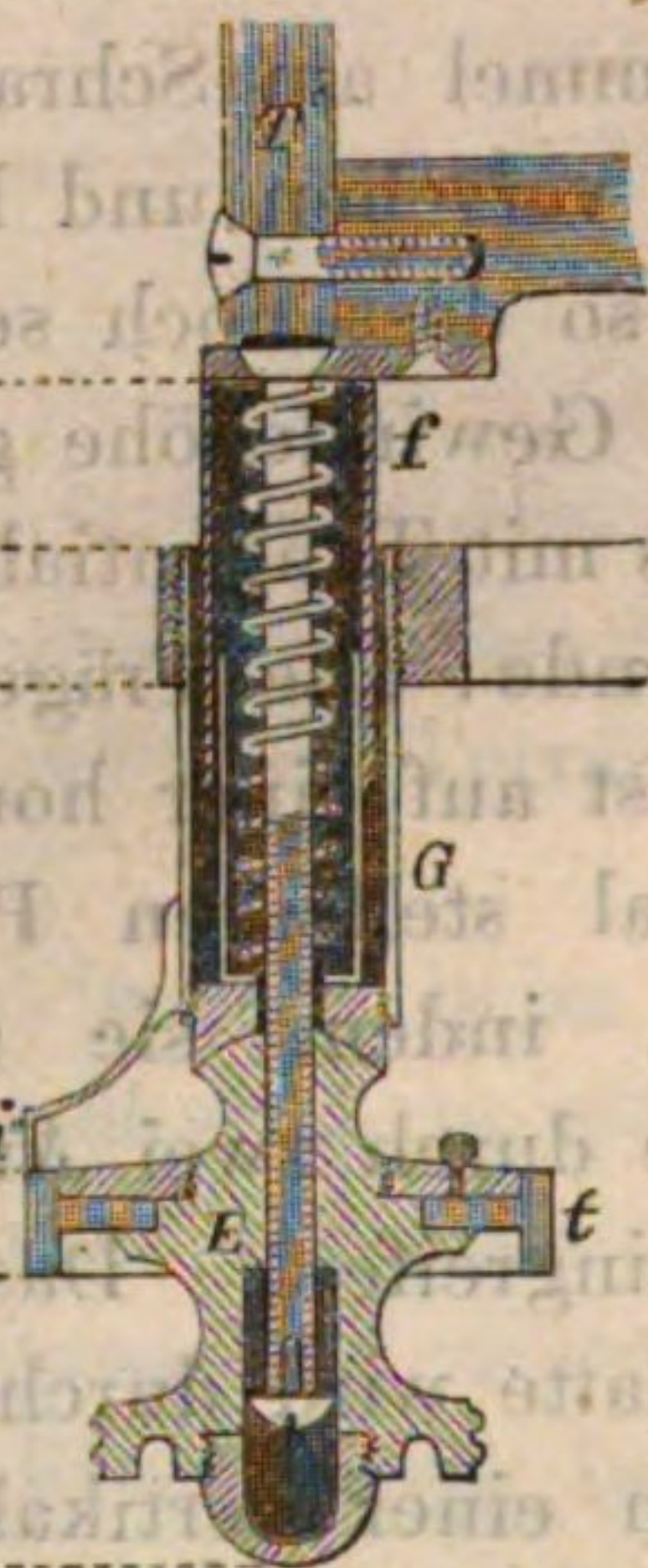


Fig 118

Numerirung der Trommel, vom Centrum aus gesehen, von links nach rechts.» (Börsch.)

§ 202. Im Vergleich zur Tangentialschraube ist die Elevationsschraube mit dem Fehler behaftet, dass ihre Stellung, wenn auch sehr wenig, doch immerhin wandelbar ist, dass also, streng genommen, die Elevationsschraube nur annähernde Resultate geben kann, während die Tangentialschraube, fest, solide angebracht, stets die gleiche Stellung zum Pivotpunkt der Trägerplatte beibehaltend, genaue Arbeit erzielen lässt.

Zu Präcisionsnivelllements ist die Stampfer'sche Schraube daher nicht zu gebrauchen.

Die feine Vertikalbewegung des Fernrohrs durch die Tangentialschraube ist da von Nutzen, wo man gezwungen ist, trigonometrisch, statt geometrisch zu nivelliren, wo also die Höhenunterschiede oder die Entfernungen so bedeutend sind, dass entweder die Latte nicht lang genug gemacht werden kann, oder man die Massstabtheilung der Latte nicht abzu-

lesen vermag, wo man also genöthigt ist, bei bekannter Entfernung den Vertikalwinkel der Visirlinien zu messen und durch die Formel Höhenunterschied = Horizontal-Entfernung mal tang. Winkel zu operiren.

In solchen Fällen zieht man indessen die Messung durch Theodolithen vor, namentlich wo die Vertikalwinkel bedeutend sind. In allen übrigen Fällen ist das geometrische Nivellement das beste zum Ziel führende, und die sogenannte Stampfer'sche Nivellirmethode (s. w. unten darüber das Nähere) unnöthig.

Drittes Kapitel.

Die Nivellirlatten.

§ 203. Wir unterscheiden

1. Scalenlatten, 2. Tableaulatten.

Die Scalenlatte.

§ 204. Die Anforderungen, die wir zu stellen haben, sind:

1. dass die Latte eine grade Linie darstelle, also nach jeder Seite hin ebene Grenzflächen zeige;
2. dass sie vertikal zu stellen, oder doch zu halten sei, und muss diese vertikale Stellung unter Umständen controllirt werden können;
3. dass die Massstabtheilung auf der Latte
 - a) richtig,
 - b) leicht auf mässige Entfernungen zu unterscheiden sei;
4. dass die Latte lang genug sei, um auch bei bedeutenderen Höhenunter-

Fig. 120.



Fig. 120.



schieden auf mässige Entfernungen gebraucht werden zu können;

5. dass sie nicht zu schwer und auch bei Wind leicht zu halten sei.

§ 205. Hieraus ergibt sich die Construction der Scalenlatte: Eine Latte, 4 bis 5 Meter lang, 1 Decimeter breit, 2 bis 3 Centimeter dick, aus trockenem Tannenholz angefertigt, mit weisser Oelfarbe bestrichen, häufig gegen das Verziehen an den Seiten mit etwas hervorstehenden Leisten, unten mit eiserner Fussplatte, auf der Rückseite mit Handgriff, und für besonders penible Arbeit hier und da mit einem Dosenniveau versehen, ist auf der Vorderseite mit einer Massstabtheilung bezeichnet. Fig. 120.

(Das Dosenniveau ruht auf einer Messingplatte senkrecht zur Rückenebene der Latte und ist an dieser mittelst Schrauben befestigt, doch liegt noch zwischen Basis der Libelle und Messingplatte eine Kautschukplatte, um die Libelle mehr zu schonen.) Fig. 120 a.

Die Eintheilung der Latte ist — bei Metermass — bis zu Centimetern, unter besondern Umständen bis zu halben Centimetern genau bewirkt, und zwar in zwei Farben, schwarz und weiss, auf weitere Entfernungen sichtbar dargestellt. Die Anordnung der Theilung ist derartig getroffen, dass man im Stande ist, schnell grössere Masstheile als einen Centimeter, also Decimeter, und halbe Decimeter heraus zu erkennen. Die Meter und Decimeter sind durch deutlich sichtbare Ziffern kenntlich gemacht, welche verkehrt geschrieben sind.

Um die Latte im Winde bequem zu halten, ist sie [von Bauinspector Heyken in Cassel] durchbrochen construirt, und kann zu leichterem Transport zusammengelegt werden (namentlich von Verm.-Rev. Wehn in Landshut in Schles. zweckmässig construirt). Die einzelnen Theile der Latte werden dann entweder in einander gefügt, oder sie sind durch Charniergelenke mit einander verbunden und werden dieselben dann durch Riegel aufrecht gehalten.

§ 206. Gebrauch. Die Scalenlatte wird selbstverständlich nur gebraucht, wenn wir mit Fernröhren arbeiten (daher

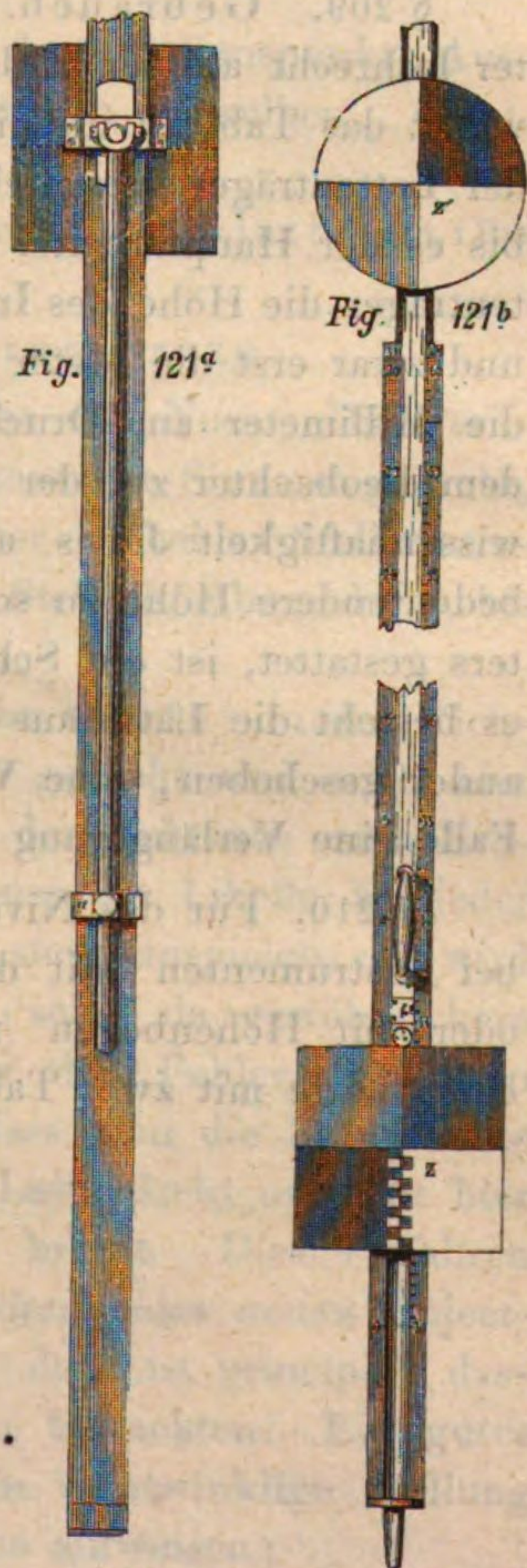
die Bezifferung auch verkehrt), oder wenn wir mit solchen kleinen Entfernungen es zu thun haben, auf welche ein nicht kurzsichtiges Auge noch die Eintheilung gut unterscheiden kann, so dass der Punkt der Latte, auf welchen das Fadenkreuz, resp. der wagerechte Strich des Visirkreuzes fällt, genau bestimmt werden könne. In all den Fällen, wo dies nicht der Fall ist, also namentlich bei Beobachtungen mit dem blossen Auge, muss die Tableaulatte angewendet werden.

§ 207. Als Ersatz für die hölzerne Latte kann, des leichten Transportes wegen [entsprechend dem Messband], das mit ähnlicher Eintheilung versehene **Nivellirband** angewendet werden, welches unten mit Gewicht versehen oder angesteckt, an jedem Ort angeheftet werden kann.

Die Tableaulatte.

§ 208. Dieselbe Latte, aber in rohem Holz, mit Fussplatte und Kopfblech versehen, trägt auf der Rückseite eine nur durch geritzte und geschwärzte Striche dargestellte Eintheilung von derselben Genauigkeit wie die eben beschriebenen.

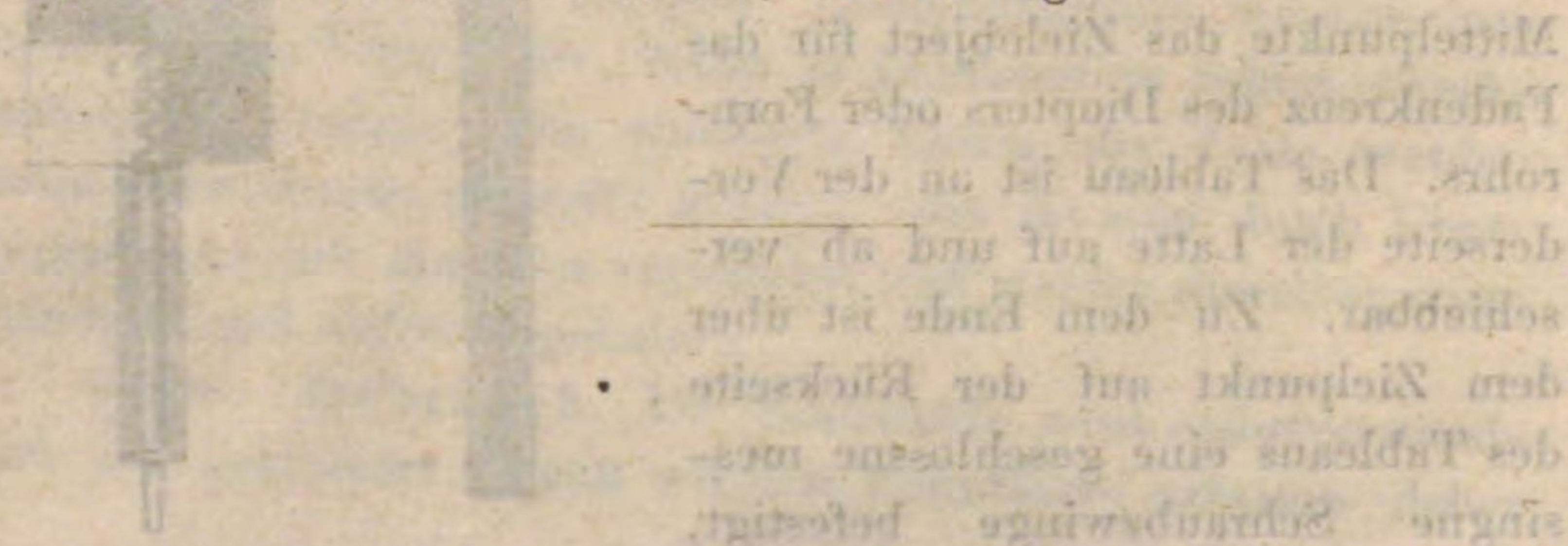
Eine Eisenblechplatte, **Tableau**, quadratisch in 4 gleiche quadratische Felder getheilt, die durch Anstrich, weiss-roth oder weiss-schwarz, kenntlich gemacht, giebt in ihrem Mittelpunkt das Zielobject für das Fadenkreuz des Diopters oder Fernrohrs. Das Tableau ist an der Vorderseite der Latte auf und ab verschiebbar. Zu dem Ende ist über dem Zielpunkt auf der Rückseite des Tableaus eine geschlossene messingne Schraubzwinge befestigt,



welche mit ihrer Oeffnung gerade auf die Latte passt, und dieselbe ganz umgreift; dieselbe ist auf der hinteren Seite mit einer Klemmschraube versehen, die mittelst oblongen Druckstückes von Messing das Tableau gegen die Latte feststellt. Das Druckstück zeigt durch einen Horizontalstrich mit Index (Punkt) genau die Stelle auf der Hinterseite der Latte an, welche der Mittelpunkt des Tableaus vorne einnimmt, und ist von dort aus nach oben und unten eine $\frac{1}{5}$ Centimeter oder Millimeter Höhenunterschied angegebende kleine Scala eingravirt.

§ 209. Gebrauch. Die Latte wird von dem Hilfsarbeiter lothrecht auf die Erde gestellt. Der Arbeiter am Fernrohr winkt das Tableau nun in die Höhe seines Fadenkreuzes ein, der Lattenträger verschiebt demnach das Tableau auf und ab, bis es der Hauptarbeiter für richtig hält. Dann liest der Lattenträger die Höhe des Index auf der Hinterseite der Latte ab, und zwar erst die Meter und Centimeter an der Latte selbst, die Millimeter am Druckstück, und ruft die erhaltene Zahl dem Beobachter zu, der also auf die Geschicklichkeit und Gewissenhaftigkeit Jenes angewiesen ist. Um das Tableau in bedeutendere Höhe zu schieben, als die Armlänge des Arbeiters gestattet, ist ein Schiebestab am Tableau angebracht, oder es besteht die Latte aus zwei Massstäben, die, an- und ineinander geschoben, eine Verkürzung und im entgegengesetzten Falle eine Verlängerung der ganzen Latte gestatten.

§ 210. Für das Nivelliren in geböschten Linien, wie dies bei Instrumenten mit der Stampfer'schen Tangentialschraube oder mit Höhenbogen (nach Ertel) versehen sind, bedarf es einer Latte mit zwei Tableaus, wie in Fig. 121 b.



Viertes Kapitel.

Gebrauch der Nivellirinstrumente zu den Elementaroperationen des Nivellirens.

§ 211. Da das Verständniss für den Elementargebrauch der Fernröhre auch das für die Canalwage und Nivellirdiopter einschliesst, so ist nur auf Erstere Bezug zu nehmen.

§ 212. Die technischen Elementararbeiten auf dem Stationspunkt sind folgende:

1. Aufstellen des Stativs auf dem Stationspunkt, Auseinanderstellen der Füsse, Eintreten derselben, event. Festklemmung.
2. Absenden und Aufstellen der Nivellirlatte am Objectpunkt.
3. Horizontalstellung der Fernrohraxe:

a) beim kleinen Nivellirfernrohr mit Nuss. Die Fernrohraxe wird zuerst in horizontalem Sinne so gedreht, dass sie mit der Spindel einer der beiden Stellschrauben parallel ist, dann diese Stellschraube gedreht, bis die Libelle einspielt.

Dann wird das Fernrohr um 90° in der Richtung der anderen Schraube gedreht und auch hier die Libelle durch Drehung der Schraube zum Einspielen gebracht. Dann muss die Libelle bei jeder weiteren Horizontaldrehung stets einspielen. Es wird dies nicht überall der Fall sein, da gewöhnlichere Instrumente doch nicht ganz ohne Fehler sind, dann begnügt man sich damit, dass man die Fernrohraxe in der Richtung nach der Latte dreht und nur hier die Libelle zum Einspielen bringt. Dies Verfahren müsste dann vor dem Anvisiren jedes neuen Objectpunktes wiederholt werden, doch ist principiell dasselbe nur als Nothbehelf zu betrachten. Ein gutes Instrument muss eine genau rechtwinklige Stellung der Vertikalaxe zur Visirlinie aufweisen;

b) bei Instrumenten mit Dreifuss. Das Verfahren ist dasselbe wie bei der Nuss, nur, weil drei Schrauben sind, dreimal statt zweimal wiederholt. Die Stellschrauben müssen mit Ueberlegung gebraucht werden, und wird auch dann ein zu weites Hinaus- oder Hineinschrauben vermieden werden, welches andernfalls die Arbeit behindern und erschweren würde.

4. Abnehmen des Objectivdeckels, Einrichten des Fernrohrs in die Objectivrichtung durch leichte Handdrehung, resp. — nach Klemmung — feine Schraubendrehung. Vorher muss man durch Auf- und Abschieben der Ocularröhren mittels des Getriebes die richtige Deutlichkeit und Klarheit des Fernrohrbildes erzielen, das Fadenkreuz beobachten, ob es deutlich zu sehen ist; wenn nicht: die Ocularlupe (welche am äussersten Ocularende sitzt), etwas heraus- oder hineindrücken, um dieselbe in die für das Auge richtige Entfernung von der Bildebene, resp. dem Fadenkreuz zu versetzen,

5. Anvisiren der Latte. Etwaige schiefe Stellung der Latte ermittelt man leicht durch ihre Divergenz mit dem Vertikalstrich des Visirkreuzes, oder — wenn nach vorn oder rückwärts geneigt — durch auffällige Verkürzung derselben und ihrer Theilung. Jedenfalls muss der Hilfsarbeiter vorher instruiert sein;

bei Schiebelatten: Einrichten des Tableaus auf das Fadenkreuz durch Handbewegung oder Zuruf,

6. Beobachtung (und Notiren) der Massziffer, auf welche das Fadenkreuz einspielt, respective der Ziffer, welche der Hilfsarbeiter an der Rückseite seiner Latte am Index des Druckstückes abgelesen hat, und zuruft.

7. Wird aus den Endpunkten — nach der Perimetermethode — nivellirt, so ist die jedesmalige Messung der Höhe der Fernrohraxe über dem Erdbodenpunkt nothwendig bei jeder neuen Station. Diese Messung wird entweder an der Latte vorgenommen ehe man dieselbe absendet, indem man die Latte aufrecht mit der Eintheilung so dicht an das Ocularende des Fernrohrs stellt, dass

das Lichtbildchen des Oculars auf der Latte sich bildet; die Höhe desselben ist dann die Instrumentenhöhe; oder man nimmt ein Loth zu Hülfe vom Ocularpunkt zum Fusspunkt, dessen Länge an der Latte bestimmt wird; oder man hat hierzu auch kleine röhrenförmige, ineinander schiebbare Massstäbe von Messing.

Beim Nivelliren aus der Mitte — Centralmethode — ist das Ermitteln der Instrumentenhöhe nicht nothwendig, weil die Instrumentenhöhe, sowie die constanten Fehler sich in Folge des Verfahrens aufheben.

8. Den Höhenunterschied zwischen dem Stationsbodenpunkt und dem Lattenaufstellungspunkt erhält man durch die Formel:

aus den Endpunkten: (Fig. 122)

$$h' - h = i - l - x,$$

in welcher h' die (absolute) Höhe des Lattenpunkts,

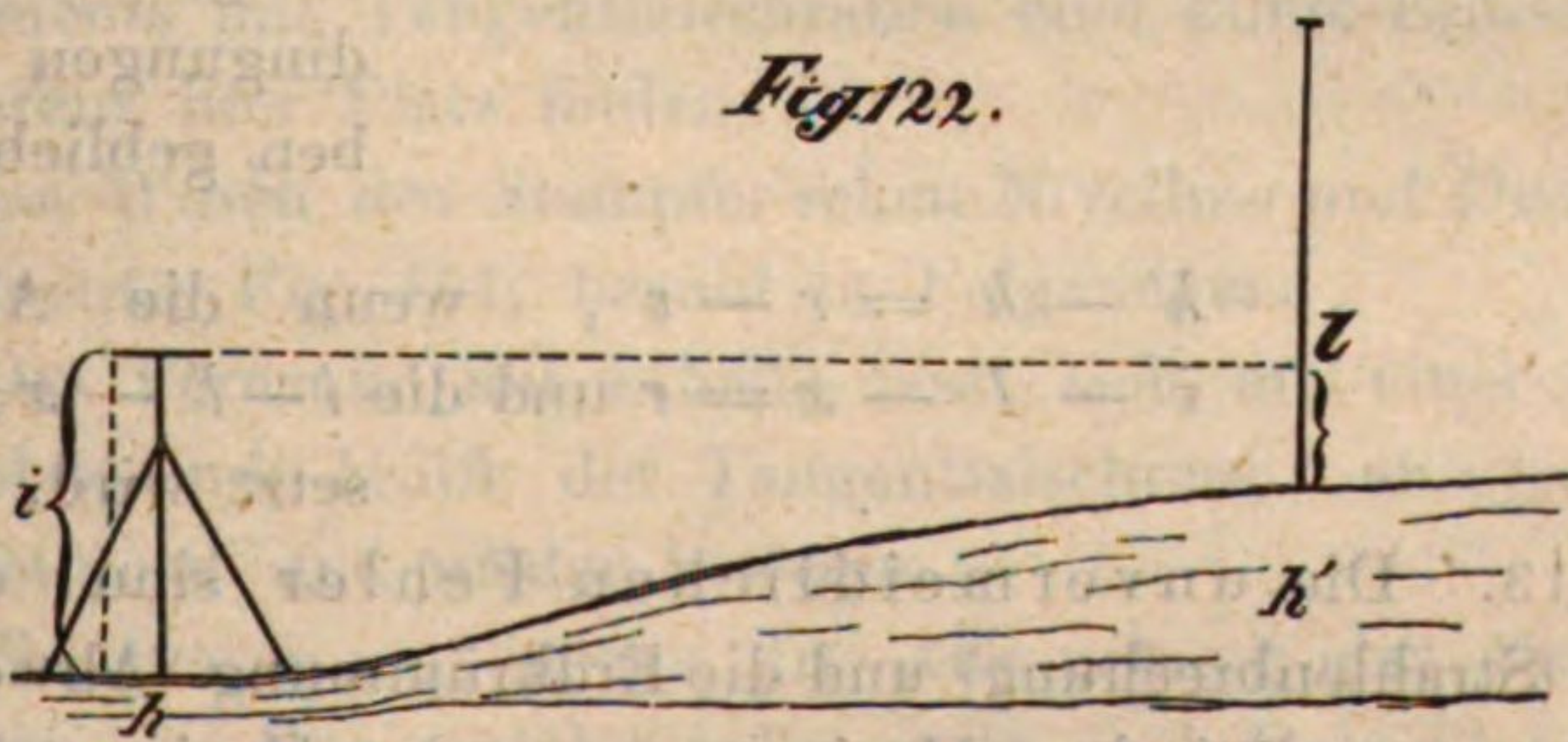
h » » » » Stationspunkts,

i » Instrumentenhöhe,

l » Ablesung an der Latte,

x » ein Coefficient für unvermeidliche Fehler bedeutet;

Fig 122.



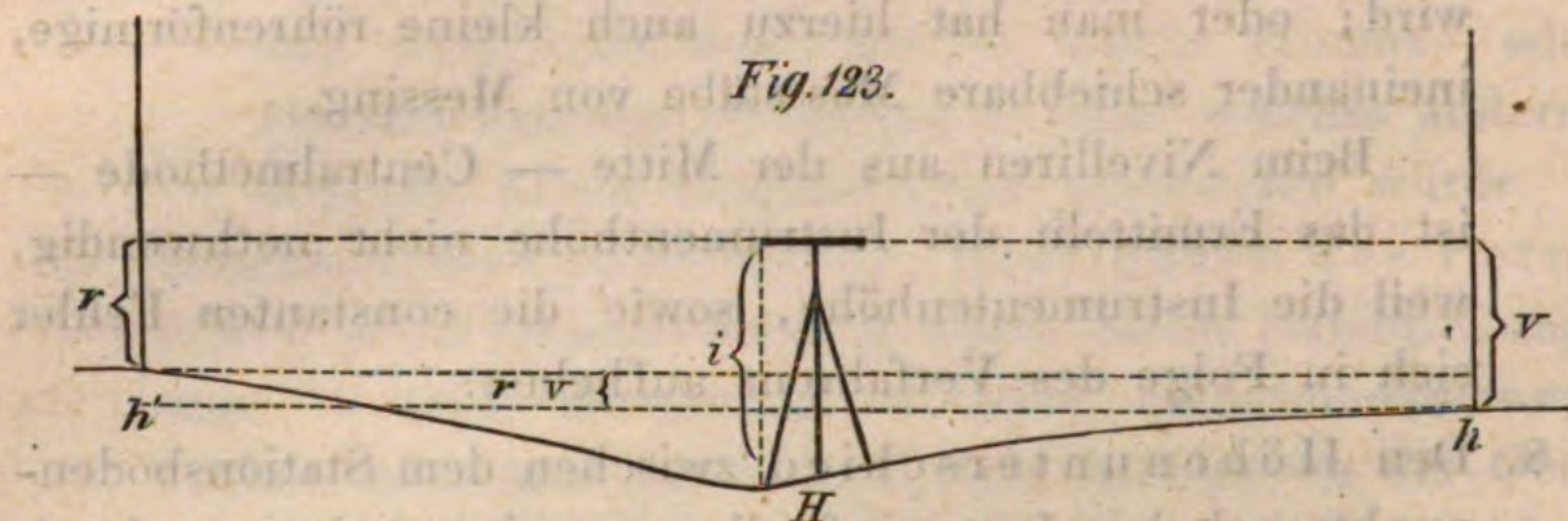
aus der Mitte:

$$h' - h = r - v,$$

in welcher h' die (absolute) Höhe des ersten Lattenpunkts,

h » » » » zweiten »

r die Ablesung an der ersten Latte, v » » » » zweiten »
bedeuten.



Beweis: Das Nivelliren aus der Mitte besteht aus dem Rückblick nach r , dem Vorblick nach v .

Der Rückblick ergibt, wenn die Stationshöhe $= H$ wäre, nach der Formel für das Nivellement aus den Endpunkten:

$$h' - H = i - l - x.$$

Der Vorblick:

$$h - H = i - l' - x.$$

x bleibt für beide Ablesungen dasselbe, weil die Entfernung, also die Bedingungen dieselben geblieben,

oder

$$h' - h = r - v, \quad \text{wenn die Ablesung } i - l - x = r \text{ und die } i - l' - x = v \text{ gesetzt wird.}$$

§ 213. Die unvermeidlichen Fehler sind: die Refraction (Strahlenbrechung) und die Erdkrümmung (Abweichung des wahren geodätischen Horizonts von der Horizontalebene). Durch erstere sehen wir alle Gegenstände zu hoch.

Diese Fehler können corrigirt werden, wenn wir die Distanz kennen, durch Subtraction der Grösse $D^2 \frac{1-k}{2r}$ von der Lattenablesung l .

(In der Formel bedeutet: D der horizontale Abstand des Instruments von der Latte, k der Refractionscoefficient, r der Erdradius.)

Bei geometrischen Nivellements, also dicht über dem Erdboden hinweg, darf man nicht annehmen, dass die Refraction constant sei; vielmehr ändert sich dieselbe je nach Erwärmung, Bewachsung, Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, sowie der untersten Luftschicht — namentlich in der Nähe bewohnter Orte, sowie in bedeckten Räumen in oft unberechenbaren Grössen. Daher ist es für geometrische Nivellements gerathen, ein Verfahren anzuwenden, durch welches die constanten Fehlerquellen der Refraction, wie der Erdkrümmung sich aufheben müssen, und die nicht constanten Fehler hervortreten. Diese Letzteren müssen bei Präcisionsnivellements — genaueste Nivell. für wissensch. Zwecke — durch erneute Beobachtungen eliminirt werden. Das geeignete Verfahren ist aber das Nivelliren aus der Mitte.

Temperatur, Wind, Beleuchtung sind aber von wesentlichem Einfluss auf die mathematische Richtigkeit feiner Arbeit.

§ 214. Da die Stampfer'sche Nivellirmethode von der gewöhnlichen üblichen abweicht und das Nivellirinstrument mit Tangentialschraube auch zum Distanzmessen an der Latte mit zwei Tableaus sich eignet, so muss zum Verständniss des Instruments mit Tangentialschraube eine kurze Erörterung des Verfahrens hier Platz finden:

Das Wesen des Stampfer'schen Nivellir- und Distanzmessinstruments, Fig. 107, beruht in Folgendem:

1. Das Fernrohr mit Libelle lässt sich auf einer Unterlagplatte mit Hülfe der Tangentialschraube ausserordentlich fein auf und nieder bewegen;
2. die Bewegung, sowie die Abweichung der Fernrohraxe von der Horizontalanstellung ist nach Gewindehöhen und Theilen davon an der Trommel der Tangentialschraube abzulesen [z. B. = $\frac{1}{2}$ Millimeter, und die Angabe der Trommel $\frac{1}{100}$ Millimeter];
3. das Verhältniss zwischen der Gewindehöhe und dem Abstände der Schraube von dem Pivotpunkt der Fernrohr-

bewegung ist bekannt, d. h. die Länge der Fernrohraxe oder der ihr parallelen Linie von dem Unterstützungspunkt des einen Fernrohrträgers bis zu dem Punkte, wo die Schraube in dem anderen Träger ihren oberen Ruhe- und Drehpunkt findet. [Dies Mass sei z. B. = 400 Gewindehöhen, bei den Stampfer'schen Instrumenten meist 324.]

4. Die Grösse der Auf- und Abwärtsbewegung des Fernrohrs ist gering. Infolge dessen kann man annehmen, dass die Winkelabweichungen der Fernrohraxe von der Horizontalstellung sich verhalten wie die Zahl der Gewindehöhen, um welche die Schraube gedreht worden ist, um die Abweichung hervorzubringen [also wäre $\sinus = \text{arcus sinus}$ gesetzt], also: Die Vertikalwinkel verhalten sich wie die Ablesungen an der Schraube. Damit übrigens die Schraube nicht zu grosse Wege durchzumachen habe, was mechanisch als unmöglich leicht erklärlich, so wird es nöthig, die Unterlagplatte selbständig horizontal zu stellen. Dies geschieht entweder: durch ein darauf befindliches Dosen-niveau, oder: man muss durch besondere Prüfung vorher diejenige Stellung der Trommel am Index ermitteln, welche bei genau rechtwinkliger Stellung der Fernrohraxe zu der vertikalen Drehaxe bedingt ist, und muss dann die Unterlagplatte mittelst der darunter befindlichen Stellschrauben horizontal gestellt werden, indem man die Röhrenlibelle des Fernrohrs bei verschiedener Richtung desselben mehrere Male um 90° beobachtet und die dieser Richtung entsprechende Stellschraube herauf- oder herabschraubt.

Erst dann kann die Tangentialschraube gebraucht oder abgelesen werden. Die Abweichung der Fernrohraxe ist dann durch die Differenz der Ablesung bei der geböschten, und der Ablesung bei horizontaler Stellung des Fernrohrs ausgedrückt.

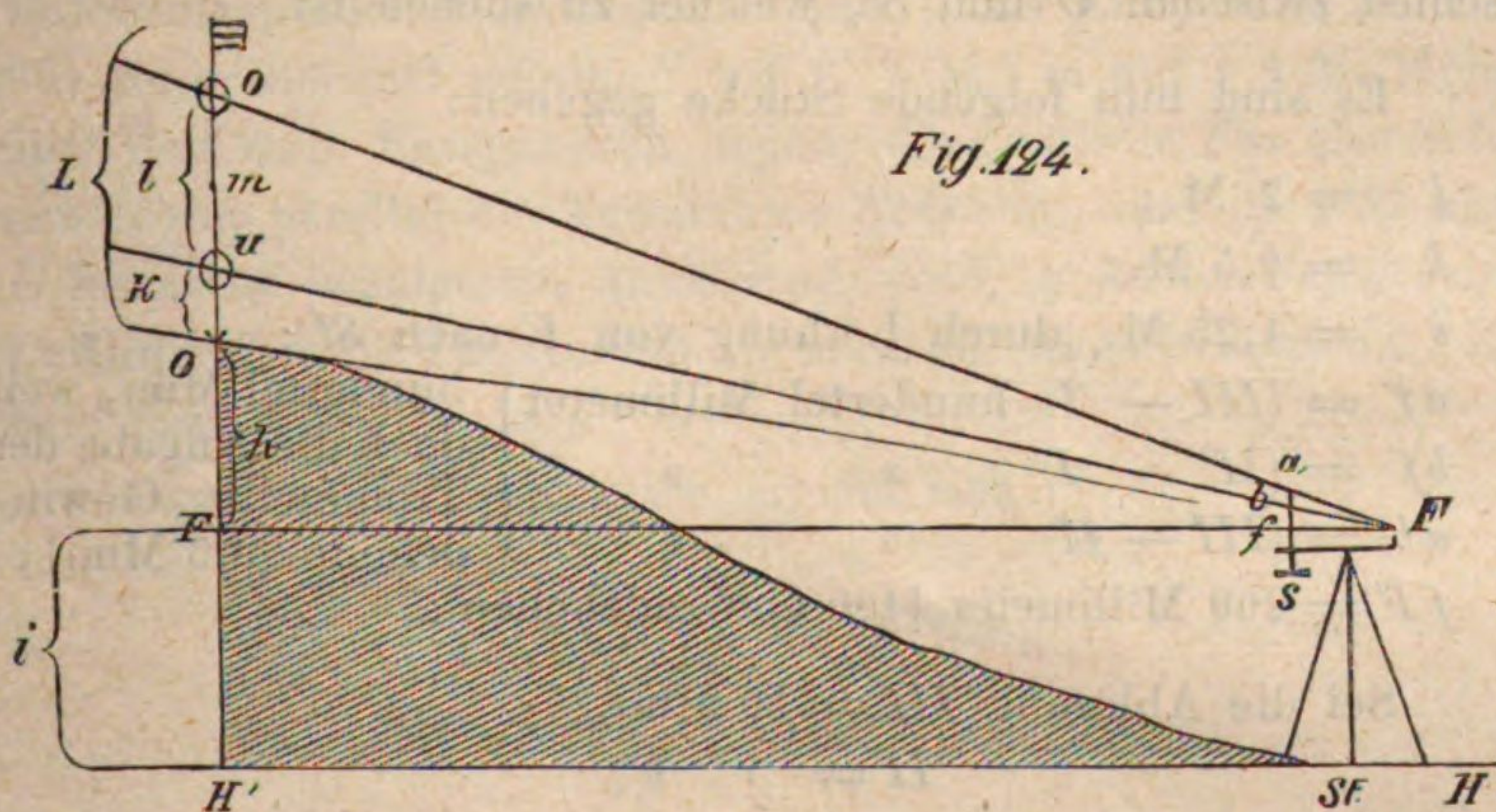
5. Zum Distanzmessen und Nivelliren in geböschter Richtung benutzt man die Latte mit zwei Tableaus.

Diese Latte, mit Messingeintheilung versehen, trägt

in constanter Entfernung von einander zwei Tableaus [diese Entfernung sei $= 2$ M., gewöhnlich 1 Klafter oder 1 Ruthe], die dem Beobachter bei lothrechter Stellung der Latte entgegengehalten werden.

Bei Nivellements in wenig geböschten Linien ist das eine Tableau wie bei jeder Schiebelatte verschiebbar, und wird das Nivellement dann grade so ausgeführt wie mit anderen Instrumenten.

6. Mithin würde sich das Princip für das Nivellement und die Distanzmessung in stärker geböschten Linien durch folgende Figur erklären lassen:



- Es sei: OSt eine geböschte Terrainlinie und es soll
1. der Höhenunterschied zwischen O und St ermittelt werden.

Ferner sei mithin: das Instrument über St aufgestellt, die Latte L in O lothrecht gestellt.

o und u seien das obere und untere Tableau der Latte, um l von einander entfernt.

s die Tangentialschraube, F der Pivotpunkt für die Vertikalbewegung des Fernrohrs.

StH' die Horizontallinie von St .

FF' die um die Instrumentenhöhe i von derselben entfernte Horizontallinie des Punktes F , hierin:

Ff die horizontal gestellte Fernrohraxe, und I die dabei beobachtete Ablesung an der Trommel der Schraube.

Fb die hierauf sich ergebende Stellung der Fernrohraxe beim Visiren nach u hin. Die dabei beobachtete Ablesung sei II .

Fa die Stellung der Fernrohraxe beim Visiren auf das Tableau O hin. Die dabei beobachtete Ablesung sei III .

k sei der constante Abstand des Tableaus u vom Fuss der Latte O .

So würde nunmehr endlich: $OF' = h$ der Höhenunterschied zwischen F und O sein, und $h + i$ der Höhenunterschied zwischen O und St , welcher zu suchen ist.

Es sind nun folgende Stücke gegeben:

$$l = 2 \text{ M.};$$

$$k = 0,5 \text{ M.};$$

$$i = 1,25 \text{ M. (durch Lothung von } F \text{ nach } St);$$

$$\begin{array}{l} af = (III - I) \text{ hundertel Millimeter} \\ bf = (II - I) \text{ „ „} \\ ab = (III - II) \text{ „ „} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{hundertel Mm., weil} \\ \text{doch die Angabe der} \\ \text{Trommel } \frac{1}{50} \text{ Gewin-} \\ \text{dehöhe (0,5 Mm.)}; \end{array} \right.$$

$$fF = 200 \text{ Millimeter [400 Gewindehöhen]}.$$

Sei die Ablesung $III = 10 \text{ Mm.},$

$$II = 7 \text{ „}$$

$$I = 3 \text{ „}$$

so ist

$$III - I = 7 \text{ Mm.},$$

$$II - I = 4 \text{ „}$$

$$III - II = 3 \text{ „}$$

Es sind ferner:

$$\triangle ouF \sim \triangle abF;$$

$$\triangle uF'F \sim \triangle bfF \text{ und } \triangle oF'F \sim \triangle afF$$

[denn die Spindel der Tangentialschraube sa und die Latte Oo stehen beide lothrecht, sind also Parallele zwischen den Schenkeln des Winkels bei F], und da dieselben gleiche analoge Höhe haben, so verhält sich:

$$\frac{F'o}{ou} = \frac{af}{ab} \text{ also}$$

$$\frac{h + (k + l)}{l} = \frac{III - I}{III - II}, \text{ woraus als Formel}$$

$$h = l \frac{III - I}{III - II} - (k + l), \text{ und die Werthe eingesetzt:}$$

$$\begin{aligned} h + i &= 2,000 \frac{0,007}{0,003} - (0,500 + 2,000) + 1,250 \text{ Meter} \\ &= 4,666 - 1,250, \text{ also:} \end{aligned}$$

Höhenunterschied = 3,416 Meter zwischen *St* und *O*.

2. Es soll die Distanz *E* vom Fernrohr zur Latte ermittelt werden.

Stampfer lässt gewöhnlich die Fernrohraxe *F* und den Halbirungspunkt *m* zwischen *o* und *u* als Endpunkte gelten. Für unser Beispiel würde *F* auf 1,25 M., *m* auf 1,5 M. Höhe über den resp. Fusspunkten liegen, die Luftlinie *Fm* also sehr annähernd parallel der Terrainlinie *StO* sein, und da *FSt* und *L* lothrecht (wenigstens annähernd) sind, so ist der Fehler, die Luftlinie für die Terrainlinie zu nehmen, nicht bedeutend. Es wird also *mF* gesucht.

Aus dem Vorhergesagten ergibt sich:

$$om : mF = \frac{ab}{2} : bF, \text{ woraus}$$

$$mF = \frac{om \cdot bF}{\frac{ab}{2}} \text{ oder}$$

$$= \frac{2om \cdot bF}{ab}, \text{ oder als Formel:}$$

$$E = \frac{l \cdot n}{III - II}, \text{ und die Werthe eingesetzt:}$$

$$E = \frac{2 \cdot 0,2}{0,003} \text{ Meter} = 133,33 \text{ Meter.}$$

(In Gewindetheilen ausgedrückt:

$$E = \frac{2 \cdot 400}{6}.$$

Die Formel bleibt also dieselbe: *n* bedeutet dann 400, und III, II, I ist in Gewindetheilen und nicht in Millimetern einzusetzen.)

Jedenfalls nimmt das Nivelliren, wie das Distanzmessen

nach dieser Methode viel Zeit fort, ohne entsprechend genau zu sein; man hat auch zum Distanzmessen ebenso genaue und weniger complicirte Mittel durch das Fadenkreuz des Fernrohrs (s. Kippregeldistanzmessung).

Fünftes Kapitel.

Geometrisches Nivelliren im Zusammenhange.

§ 215. Durch das geometrische Nivellement beabsichtigt man die Höhenverhältnisse einer Terrainstrecke in einer oder mehreren oder allen Richtungen bei horizontalem Fernrohr direct an der Latte zu vermessen und zu bestimmen.

§ 216. Das Resultat des Nivellements wird in einem sog. Cotenverzeichniss, oder einer Profilszeichnung oder einem Nivellirriss nebst Darstellung der Höhenverhältnisse eines Terrainabschnittes in mehr oder weniger eng geschichteten Niveaulinien niedergelegt.

§ 217. Für wissenschaftliche Zwecke, z. B. Nivellements für Gradmessung (s. Anhang) bedarf es naturgemäss der feinsten Beobachtungen mit besonders zuverlässigen controllirbaren Instrumenten (man nennt solche Nivellements Präcisionsnivellements), so dass man im Stande ist, auf das Genaueste die Lage und den Lauf der Horizontallinie des sphäroidisch gekrümmten Erdhorizonts zu bestimmen, beziehungsweise die Abweichung irgend einer Terrainlinie von demselben zu ermitteln. Dann ist also auch die Rücksichtnahme auf die Erdkrümmung, wie auf Refraction und andere Fehlerquellen erforderlich.

§ 218. Für bürgerliche, alltägliche Zwecke, Bau von Strassen, Canälen, Drainage, Berieselungsarbeiten, endlich für Nivellements als Hülfarbeit für topographische Zwecke zur Darstellung der vertikalen Gestaltung des Erdbodens bedarf es keiner so bedeutenden Feinheit der Resultate; es wird dann die Refraction, die Erdkrümmung, und die übrigen be-

rechenbaren Fehlerquellen = Null erachtet, und verwendet man dann auch einfachere Nivellirinstrumente.

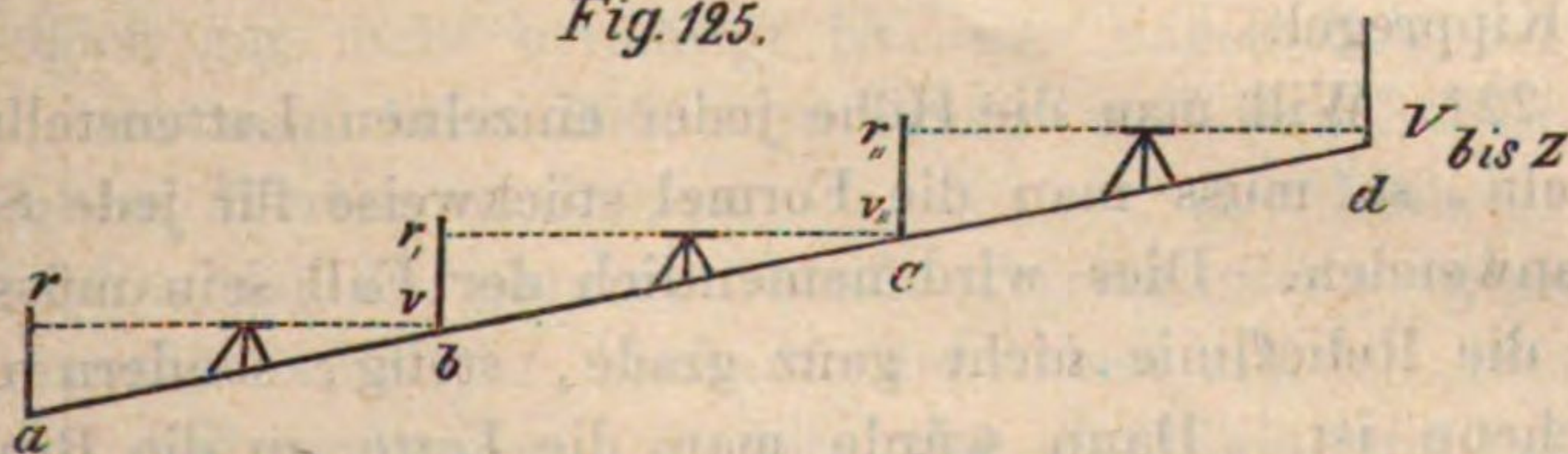
Wir befassen uns hier hauptsächlich mit dem bei selbstständigen Nivellementsarbeiten gebräuchlicheren Verfahren des geometrischen Nivellements.

Abnivelliren einer Linie.

§ 219. Eine Terrainlinie soll in Bezug auf ihre vertikale Gestaltung bestimmt werden.

Sollen nur die Höhenverhältnisse, nicht aber die Längenverhältnisse der Linie festgelegt werden, so geschieht das Nivelliren am schnellsten und genauesten durch das Nivelliren aus der Mitte. Man stellt die Latte auf dem Anfangspunkt a der Linie auf, das Stativ selbst zwischen a und einen folgenden Punkt b der Reliefline auf und liest an der Latte ab, schickt dieselbe an den zweiten Punkt b , dreht das Fernrohr, liest ab, stellt dann das Stativ zwischen den dritten und zweiten Punkt, liest an der am 2. Punkt umgedrehten Latte ab, sendet dieselbe dann an den dritten Punkt, und verfährt so weiter, bis für jeden Stationspunkt zwei Ablesungen notirt sind.

Fig. 125.



Die Ablesung mit Fernrohr nach vorwärts nennt man den Vorblick, die mit Fernrohr rückwärts den Rückblick. Das Horizontalstellen der Fernrohraxe an jeder Station ist selbstverständlich.

Der Höhenunterschied zwischen dem ersten Punkt a und dem letzten z ist nun:

$$z - a = (r_x - v_x) + (r_1 - v_1) + (r_2 - v_2) + \dots + (r_n - v_n)$$

oder

$$z - a = (r + r_x + r_2 + \dots + r_n) - (v_x + v_1 + v_2 + \dots + v_n),$$

also gleich der Summe der Rückblicke minus der Summe der Vorblicke.

Wir erhalten hierdurch ein Resultat ohne Erdkrümmungs- und Refractionsfehler und bedürfen nicht der umständlichen Messung der Instrumentenhöhe, wie bei dem Nivelliren aus den Endpunkten.

Ist die absolute Höhe des Punktes a oder irgend einer anderen Linie bekannt oder $= 0$, so ist nunmehr auch die von z bekannt.

§ 220. Die Refractionsfehler und die Erdkrümmung gleichen sich indessen nur völlig aus, wenn der Standpunkt des Instruments genau in der Mitte zwischen den zwei Lattenpunkten genommen war.

Hierzu bedürfte es also der Distanzmessung entweder mit der Kette, was aber sehr umständlich ist, oder einfacher mittelst der Distanzmessung an der Latte durch das hierfür eingerichtete Visirkreuz des Fernrohrs. Doch würde man nur bei sehr strengen Anforderungen an das Resultat genau die Mitte einhalten müssen. Mittelst des Distanzmessers im Fernrohr ist es übrigens leicht, die Latte auf eine einmal bestimmte Entfernung abzusenden und einzuwinken. (Der Distanzmesser, siehe Kippregel.)

§ 221. Will man die Höhe jeder einzelnen Lattenstellung ermitteln, so muss man die Formel stückweise für jede Stellung anwenden. Dies wird namentlich der Fall sein müssen, wenn die Relieflinie nicht ganz grade, stetig, sondern eine gebrochene ist. Dann würde man die Latte an die Bruchpunkte stellen müssen, das Instrument nach Möglichkeit auf die Mitte zwischen je zwei Bruchpunkten.

§ 222. Will man nicht genau das Profil der Linie, auch bezüglich seiner Längenverhältnisse, erhalten, sondern nur eben die Höhenunterschiede der Punkte, welche im Terrain vielleicht schon vorher abgesteckt, verpfählt waren, so genügt eine oberflächliche Distanzmessung der Entfernung von Latte zu Latte.

§ 223. Beabsichtigt man aber auf Grund der Vermessung ein ganz genaues Profil zu construiren, so muss natürlich eine

genaue Längenmessung stattfinden, und zwar eine Messung in der Horizontallinie. Die Distanzmessung durch das horizontal gestellte Fernrohr — sofern dasselbe überhaupt als Distanzmesser eingerichtet — auf die vertikal gehaltene Latte giebt diese Länge direct. Genauer kann das Profil nur ermittelt werden durch Messung der Terrainlinien mittelst horizontal gelegter Massstäbe.

§ 224. Mit dem Breithaupt'schen Compensationsniveau lassen sich derartige Präcisionsnivellements um so genauer ausführen, als der Gebrauch dieses Instruments den bedeutenden Vorthail für sich hat, dass alle Instrumentenfehler — Divergenz der Fernrohr- und Libellenaxe namentlich — gänzlich aufgehoben werden.

Man erhält dann:

»Durch das arithmetische Mittel von zwei in beiden Lagen des Fernrohrs (durch Drehen der Längenaxe) nach jedesmaliger Einstellung der Libellenblase gemachten Ablesungen an der Latte (sowohl zwei nach vorwärts wie rückwärts) ein von den Fehlern der Ringdurchmesser der Libelle und der Visirlinie (einschliesslich Fehler des Auszugsrohrs) freies Resultat; ja, das Resultat wird sogar dasselbe sein, wenn das Instrument noch gar nicht berichtigt ist, was namentlich bei Eilfällen, wo man keine Zeit zum Prüfen und Berichtigen hat, von hohem Werthe ist.« (Dr. Börsch).

§ 225. Ist die abzunivellirende Terrainlinie so gestaltet, dass man im Stande ist, im Laufe der Arbeit auf den Anfangspunkt zurückzugelangen, so dass also die Linie ein Polygon einschliesst, so nennt man die letzte Beobachtung nach dem Anfangspunkt hin: die Gewinnung eines polygonalen Abschlusses. Der polygonale Abschluss gewährt eine sichere Controlle der Arbeit. Ist nämlich richtig gearbeitet worden und die unberechenbaren Fehlerquellen gleichmässig vertheilt gewesen, so muss die Summe der Vorblicke gleich der der Rückblicke sein. Ergiebt sich eine Differenz zwischen beiden, so haben Fehler stattgefunden; ist man sicher, das Instrument stets richtig behandelt und aufgestellt und richtig abgelesen zu haben, so kann man annehmen, dass die irdische Refraction

verschieden stark gewesen ist, und es wird dann wohl nichts Anderes übrig bleiben, als das Nivellement zu einer günstigeren Tageszeit zu wiederholen.

§ 226. Ist man nicht im Stande, in Folge ungünstiger Gestaltung der Relieflinie in der eben beschriebenen Art und Weise aus der Mitte zu nivelliren — wobei zu bemerken, dass es nicht nothwendig ist, dass der Stationspunkt immer auf der Relieflinie selbst genommen werden muss, sondern mit derselben Güte die Resultate auch seitwärts derselben, nur gleich weit von je zwei aufeinanderfolgenden Lattenpunkten — so muss man das Verfahren des Nivellements aus den Endpunkten in steter Wiederholung anwenden.

Es wird dann nämlich in der Art fortgearbeitet, dass man das Instrument immer an die Stelle setzt, wo die vorwärts gesendete Latte eben gestanden hat; also jeder Bruchpunkt der Relieflinie ist dann Stationspunkt und Lattenpunkt zugleich gewesen. Die Berechnung erfolgt dann stückweise von Station zu Station.

Dies Verfahren muss aber möglichst vermieden werden, weil behufs Reducirung der Messung auf den Horizont dann bei jeder Aufstellung des Instruments die Instrumentenhöhe genau gemessen werden muss, wodurch eine neue Fehlerquelle entsteht; und weil man ferner — wenigstens bei genauen Nivellements — bei jeder Visur die Grösse $D \frac{1-k}{2r}$ in Abzug bringen muss, was unter allen Umständen die Messung von D , Entfernung zur Latte, erforderlich macht, sowie den Gebrauch der Refractionstabelle.

Der Entwurf der Profilszeichnung auf Grund solcher Nivellements ist so einfach, dass eine Erörterung des Verfahrens hier wohl als bekannt vorausgesetzt werden darf.

§ 227. Als praktische Regeln für das Nivellement seien hier nur erwähnt:

1. Man reinige das Instrument äusserlich nach jedem Gebrauch und prüfe es öfters.
2. Die sichersten Resultate erhält man bei Windstille, reiner Luft, bei bedecktem Himmel und mittlerer Temperatur.

3. In der Nähe von Gewässern, bei starkem Sonnenschein, auf erhitzten Eisenbahnschienen, in Tunnels etc. ist die Refraction veränderlich und unberechenbar, daher hier mit Vorsicht zu verfahren, wenigstens bei Präcisionsnivelllements (z. B. Durchlässe durch Eisenbahndämme müssen umgangen werden).
4. Die Stationen nehme man so weit als möglich aus einander.

Abnivelliren von Flächen.

§ 228. Dies kommt bei der Ermittlung des Falles von Terrainflächen, z. B. Wiesen, Ueberschwemmungsrays, Bauten aller Art zur Anwendung, und ist im Wesentlichen nicht verschieden von dem oben beschriebenen Verfahren.

Auch hier empfiehlt sich das Nivelliren aus der Mitte, d. h. der Arbeiter stellt das Instrument an einem geeigneten Punkt innerhalb oder ausserhalb der zu nivellirenden Fläche auf und sendet die Latte nach und nach auf jeden der ihm wissenswerthen Höhenpunkte, liest ab und notirt die Ablesung.

Die Ablesungen sämmtlicher Punkte werden dann mittelst Subtraction der Instrumentenhöhe auf den Horizont des Stationspunkts, und dann beliebig auf irgend einen bekannten Horizont reducirt, indem man dessen absolute Höhenzahl zu den bereits ermittelten Coten (Höhenzahlen) addirt. Ein Abschluss würde sich auch hier bewerkstelligen lassen, wenn man auf der Linie zwischen zweien der bereits ermittelten Coten ein Prüfungsnivellement vornähme.

§ 229. Soll das abnivellirte Terrainstück in einem Nivelirriss graphisch dargestellt werden, so ist ausser der vertikalen Messung auch eine Vermessung der horizontalen Dimensionen für jeden einzelnen Punkt der Fläche erforderlich.

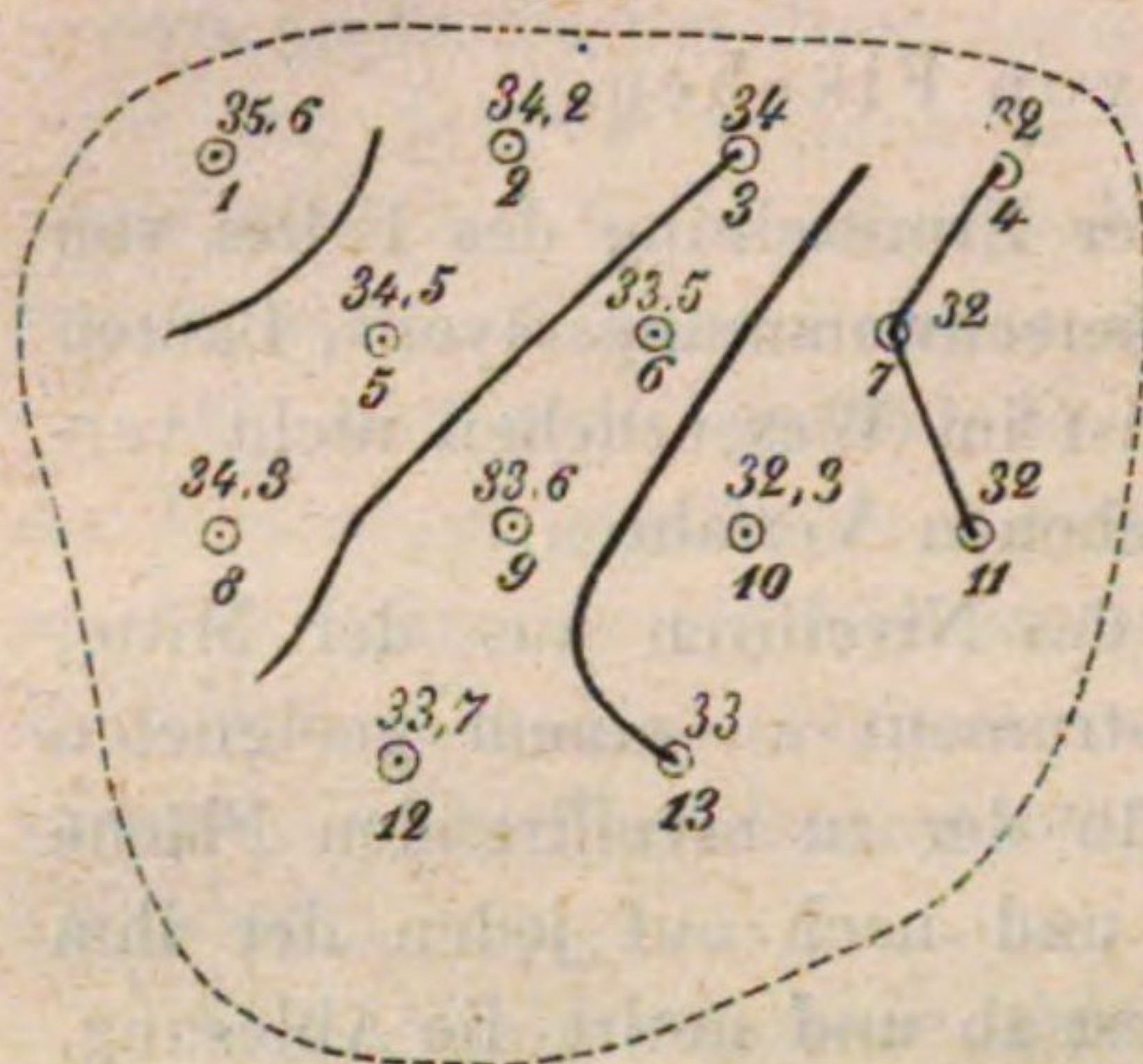
Diese Vermessung wird um so genauer stattfinden müssen, je feiner das Nivellement stattfand. Es empfiehlt sich hierzu das Vermessen mittelst der Kette und einem Winkelprisma nach der Coordinatenmethode. (Siehe ad Längenmesser.)

§ 230. Ist die Fläche selbst und in ihr jeder ihrer Punkte auf dem Papier dargestellt, so käme es nunmehr darauf an,

die Niveaulinien zu entwerfen. Dies geschieht durch Verbindung der gleich hohen Punkte nach der Methode des Abkommens am besten.

Seien die Punkte 1 bis 13 ihrer absoluten Höhe nach bestimmt und im Grundriss aufgetragen. Man soll hiernach Niveaulinien mit 1 M. Schichthöhe von einander eintragen.

Fig. 126.



Zwischen den Punkten 1, 2, 3, 5, 6 zieht sich z. B. die Niveaulinie 34 und 35 M. hindurch, und zwar

34 von Punkt 3, dann zwischen 6 und 5, dann zwischen 5 und 9, dann zwischen 8 und 9 hindurch, die 35 zwischen Punkt 1 und 2, 5, 8 hindurch.

Wie weit ab der Durchgangspunkt der Niveaulinie von jedem der Punkte zu

liegen kommt, richtet sich nach dem Verhältniss der dort stehenden Zahl zu der Höhenzahl der Niveaulinie. Danach muss also die Niveaulinie 34 zwischen 5 und 6 grade auf dem Halbirungspunkte der Verbindungslinie zwischen 5 und 6 liegen. (Uebrigens vgl. 9. Abschnitt: Aufnehmen.)

Abstecken von Linien und Flächen mit Hülfe des Nivellirinstrument. Abstecken von Höhenpunkten.

Gleicher Höhe.

§ 231. Sind auf dem Boden eines Terrains eine Anzahl von Punkten durch Pfähle markirt, deren Höhe gleich gemacht werden soll, (vielleicht um danach durch Abtragen den ganzen Boden auf gleiches Niveau zu bringen), so muss an jedem Pfahl die Höhe des Horizonts bezeichnet werden, auf welche der Boden zu bringen ist. Am einfachsten wäre dies, wenn

jener Horizont der des Instruments wäre, welches man zu dem Zwecke der Beobachtung auf einem Punkte des Terrains aufgestellt hat. Man lässt dann durch den Hülfсарbeiter statt an der Latte einfach an jedem der Pfähle durch Strich oder Nägel die Höhe bezeichnen, in welcher die Visirlinie des horizontalen Fernrohres den Pfahl trifft.

Soll der herzustellende Horizont ein anderer sein, so ist durch einfache Addition und Subtraction seiner Differenz mit der Höhe des Instruments die Höhenmarke an den Pfählen mittels anzulegenden Massstabes zu bestimmen.

Verschiedener Höhe.

§ 232. Es soll auf Grund eines Profilentwurfs eine gebrochene Relieflinie mit Hülfe des Nivellirfernrohres abgesteckt werden.

Es gehört hierzu gleichzeitig eine Distanzmessung der horizontalen Abmessungen der Profilslinie, welche mittelst Massstäben oder Kette vorgenommen werden muss. Durch diese Längenmessung werden die Entfernungen der Bruchpunkte der Relieflinie auf dem Bauhorizont festgestellt und können die Bruchpunkte dann in Bezug auf ihre örtliche Lage markirt werden. Man nivellirt dann einfach die Höhen der Pfahlpunkte auf dem Erdboden ab, bezieht die Ablesungen auf den angenommenen Nullpunkt (vielleicht den Stationspunkt) und vergleicht das nunmehr erhaltene Profil der Terrainlinie mit dem für den Bau etc. beabsichtigten Profil. Der Unterschied der Terrainpunkthöhen von den Höhen der daselbst beabsichtigten Profilpunkte wird an den einzelnen Pfählen mittelst Massstäben oder doch durch Angabe der Masse markirt.

Sechstes Kapitel.

Prüfung der Nivellirfernrohre.

§ 233. Nach der Beschreibung der Breithaupt'schen Nivellirinstrumente von Professor Dr. Börsch, Sectionschef im geodätischen Institute zu Berlin, welche als authentisches und mass-

gebendes Material gelten kann*), werden die Nivellirfernrohre in zwei Gruppen getheilt:

Erste Gruppe: Fernrohrträger, Fernrohr und Libelle sind unter sich unabänderlich verbunden.

Zweite Gruppe: Nivellirinstrumente mit Fernrohr und Libelle zum Umlegen beziehungsweise zum Drehen um ihre Längensachsen.

Je nachdem nun bei beiden ausserdem noch eine Vertikalwinkelmessung mittelst Höhenbogen ermöglicht ist, würde die Prüfung einige Punkte besonders zu berücksichtigen haben. Im Allgemeinen richtet sich die Reihenfolge für die Prüfungen nach der Gruppierung von Börsch, sowohl logisch wie chronologisch.

§ 234. Als Erstes muss die Prüfung der Nivellirlatte gelten nach den bereits erörterten Anforderungen. Dann die Prüfung der Libelle, drittens die Prüfung der Beziehungen zwischen Libellenaxe und Untersatz (vertikale Drehaxe), die Prüfung des Fernrohrs an sich, des Fernrohrs als Fixirvorrichtung, der Beziehungen des Fernrohrs zur Libelle, endlich der Mittel zur Vertikal- und der Horizontaldrehung der Fernrohraxe und zur Messung dieser Bewegungen, und wo es nöthig, Prüfung der Vorrichtung des Fernrohrs zum Distanzmessen. Hieraus ergibt sich das von Breithaupt und Börsch angewendete Verfahren:

§ 235. **I. Erste Gruppe.**

a) Die Latte.

1. Theilung der Latte.
2. Stellung der Dosenlibelle an der Nivellirlatte.

b) Das Instrument.

1. Richtige Stellung des Glaskreuzes gegen das Ocular.
2. Zusammenfallen der Ebene des Glaskreuzes und der Bildebene des Objectivs.

*) Die Nivellirinstrumente des mathem. - mechan. Instituts von Ferd. Breithaupt und Sohn in Cassel, ihre Beschreibung, Prüfung und Berichtigung, sowie Anwendung, von Dr. Otto Börsch. Cassel 71. Im Selbstverlag und bei Th. Kay.

3. Richtiges Verhältniss zwischen der Leistungsfähigkeit des Fernrohrs und der Empfindlichkeit der Libelle.
4. Rechtwinklige Lage der Axe der Libelle gegen die Vertikalaxe des Apparats.
5. Horizontale Lage der Querstriche des Glaskreuzes bei horizontal stehendem Instrumente.
6. Richtige Führung des Auszugrohres, d. h. Unveränderlichkeit in der Lage der Visirlinie beim Verstellen des Auszugrohres durch den Getriebekopf.
7. Parallelität der Visirlinie des Fernrohrs und der Libellenaxe.
8. Bewegung der Visirlinie in einer Vertikalebene bei dem Kippen des Fernrohrs.
9. Richtige Centrirung und Theilung des Höhenbogens und seines Nonius.
10. Richtige Theilung des Limbus und der Nonien des Horizontalkreises.
11. Concentricität der Alhidade und des Fernrohrs.
12. Richtiger Abstand der horizontalen Parallelstriche des Glasnetzes unter sich zum Zwecke der Distanzmessung.
13. Empfindlichkeit der Libelle.
14. Vergrößerung des Fernrohrs.

§ 236.

II. Zweite Gruppe.

1. Parallelismus der Libellenaxe mit der durch die Lagerpunkte der Libelle gelegten ebenen oder cylindrischen Fläche.
2. Parallelität der Libellenaxe und der mechanischen Axe des Fernrohrs.
3. Rechtwinkelige Lage der Libellenaxe gegen die Vertikalaxe des Apparats. (I. b. 4.)
4. Richtige Stellung des Glaskreuzes im Fernrohr gegen das Ocular. (I. b. 1.)
5. Zusammenfallen der Ebene des Glaskreuzes und der Bildebene des Objectivs. (I. b. 2.)
6. Horizontale Lage des Querstrichs des Glaskreuzes bei horizontal stehendem Instrument. (I. b. 5.)

7. Richtiges Verhältniss zwischen der Leistungsfähigkeit des Instruments und der Empfindlichkeit der Libelle. (I. b. 3.)
8. Wie ad I. b. 6.
9. Wie ad I. b. 7.
10. Wie ad I. b. 8.
11. Wie ad I. b. 9.
12. Wie ad I. b. 10.
13. Wie ad I. b. 11.
14. Wie ad I. b. 12.
15. Wie ad I. b. 13.
16. Wie ad I. b. 14.
17. Der gleichmässige Schnitt des Gewindes der Tangentialschraube.

§ 237. Diese Reihenfolge möchte gegen das in der Einleitung zu diesem Kapitel Gesagte in einigen Theilen inconsequent erscheinen; muss aber deshalb wohl beibehalten werden, weil die Prüfungen praktischerweise am Instrument selbst durch Instrument und Latte allein seitens des Arbeiters vorgenommen werden können, und der Mechaniker nur dort einzugreifen hat, wo die mechanischen Mittel fehlen. Die Unabhängigkeit vom Mechaniker, die ja dieser selbst dem Instrumente als Charakteristikum aufprägt, ist namentlich wichtig für Arbeiten in Gegenden die zur Versendung an den Mechaniker zu weit entlegen sind.

Wir geben nun in Folgendem eine kurze Darstellung des Verfahrens für die einfacheren Prüfungsarbeiten und verweisen für die eingehendere Betrachtung der Instrumente auf das genannte Werk. Einige der Prüfungen, welche oben genannt sind, wie z. B. ad 12 und ad 11, werden später gezeigt werden, bei denjenigen Instrumenten, denen die betreffenden Theile ausschliesslich eigenthümlich sind.

§ 238. 1. Die Theilung der Latte wird durch Auflegen eines richtigen Massstabes und Vergleich mit demselben geprüft. Für sehr feine Zwecke durch Nachmessen der Theile mit dem Zirkel.

2. Die Stellung der Dosenlibelle an der Nivellirlatte control-

lirt man durch Aufstellen der Latte nach einem aufgehängten Loth.

3. Das Fernrohr prüft man nach § 80. Dies wird namentlich bei solchen Instrumenten leicht sein, wo das Fernrohr in cylindrischen Lagern liegt.
4. Ob die Libellenaxe genau rechtwinklig zur Vertikalaxe des Instruments steht, zeigt sich sofort, wenn man die Libelle durch die Stellschraube unter dem Fernrohr zum Einspielen bringt und dann das Fernrohr um 180^0 dreht. Nimmt die Luftblase dann ihre frühere Stelle wieder ein, so ist die rechtwinklige Lage vorhanden; tritt sie aus, so ist eine Correction erforderlich, und diese wird dadurch bewirkt, dass man die eine Hälfte der Abweichung (in beiden Stellungen der Luftblase) durch Anwendung der Stellschrauben die andere Hälfte mittelst der Justirschraube der Libelle beseitigt. Bei dieser Prüfung, sowie bei allen übrigen, wenn sie in Zimmern etc. stattfindet, darf man seinen einmal eingenommenen Standort am Instrument nicht im mindesten ändern, oder auch nur einen Fuss versetzen, weil sonst der Stand des Instruments und somit auch der der Libelle sich ändert, welches bei ihrer feinen Angabe gleich merkbar wird und so zu falschen Prüfungsergebnissen führen muss. Zur Erreichung völliger Ruhe der Blase gehört einige Zeit, die abgewartet werden muss.
 - a) Bei solchen Instrumenten, welche nach § 195 und Figur 116 zum Umlegen des Fernrohrs und der Libelle eingerichtet sind, folgt auf diese Prüfung zunächst die Controlle, ob die Lagerpunkte und Prismen ober- und unterhalb des Fernrohrs parallel zu einander stehen. Diese Prüfung geschieht dadurch, dass man den Stand der Blase beobachtet, dann das Fernrohr sanft aus seinen Lagern nimmt und das Objectiv- und Ocularende vertauschend, das Fernrohr umlegt, dann die Libelle wieder aufsetzt; die etwaige Abweichung wird zur einen Hälfte an demjenigen Lagerpunkte des Fernrohrs, welcher zunächst dem Ocular liegt, zur andern Hälfte durch die Stellschrauben des Instruments beseitigt.

Sodann ist

- b) zu untersuchen, ob der Träger oder die Lager des Fernrohrs rechtwinklig zur Vertikalaxe stehen, was der Fall ist, wenn die zuvor genau in die Mitte gestellte Blase der Libelle stehen bleibt, nachdem man das Obertheil des Instruments um 180^0 in der Buchse des Dreifusses umgedreht hat. Thut sie dies nicht, so wird die Hälfte ihrer Abweichung durch Anziehen einer der beiden Schrauben, welche den Fernrohrträger mit dem Dreifuss verbinden, corrigirt, und zwar derjenigen, nach welcher die Blase sich hinzieht.

Hierauf nimmt man

- c) die Prüfung resp. Herstellung der Parallelität der optischen Axe des Fernrohrs, zu der Verbindungslinie des Lagerpunkts derselben vor. Zu diesem Zwecke wird ein entferntes scharfes Object anvisirt, dann das Fernrohr um seine Längensaxe in seinen Lagern umgedreht, das Object wiederum pointirt und die Hälfte der etwaigen Differenz durch Verstellung des Fadenskreuzes mittelst der 4 Schraubchen davon entfernt.

NB. Uebrigens dürfen die Objectivgläser des Fernrohrs nur von sachkundiger Hand auseinander genommen werden, weil einmal häufig die Centrirung des Fernrohrs dadurch gestört wird, anderseits oft genug das richtige Zusammenlegen des Crown- und Flintglases verfehlt wird.

Auch darf man bei der Drehung und Bewegung des Fernrohrs dasselbe nicht immer bloss am Ocularende ziehen und zerren, sondern muss beide Hände sich gleichmässig unterstützend gebrauchen.

- 5. Bei gewöhnlichen Fernröhren wird auf die Correctur 4 (die Prüfung der Parallelität der optischen Axe des Fernrohrs mit der Längensaxe der Libelle folgen müssen (Divergenzwinkel). Dieses geschieht durch ein gegenseitiges Prüfungsnivellement aus den beiden Endpunkten einer Linie auf eine Entfernung von 100 Meter. Weicht die Ablesung vorwärts von der rückwärts ab, so ist die

resultirende Differenz zur einen Hälfte durch Aenderung des Visirpunkts an der Latte und zur andern Hälfte durch eine entsprechende senkrechte Verstellung des Visirkreuzes mittelst der beiden Schraubchen daran auszugleichen.

Man nennt diese Correctur: Wegschaffung des Divergenzwinkels. (S. Kippregel, eine andere Manier.)

§ 239. Diese Angaben, welche im Auszuge den von Breithaupt den Instrumenten stets beigefügten Notizen für Behandlung etc. der Instrumente entnommen sind, werden von ihm durch folgenden Zusatz vervollständigt.

»Das Instrument sammt dem Stative sollte jederzeit vor der directen Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt sein, und muss daher so viel als möglich nur im Schatten gebraucht werden; denn abgesehen von der ungleichen Erwärmung der der Sonne zugekehrten Hälfte der Libellenröhre und ihrer Füllung gegen die andere abgewandte Hälfte, und von der ungleichen Einwirkung auf die Luftblase (was alles zu ungenauen Resultaten führen muss) so wird auch durch die längere Einwirkung der Sonnenstrahlen eine Veränderung in dem Wesen der Libelle, sowie ein fortwährendes und mitunter sehr merkliches Verziehen des hölzernen Stativs erzeugt und dadurch eine sehr nachtheilige Fehlerquelle geöffnet.

Zur Erhaltung der Spannkraft der Spiralfedern, welche als Gegendruck bei den Horizontalstellungen dienen sollen, müssen diese nach dem Gebrauch immer gelüftet werden.

Regen und Staub beeinträchtigen den Gang der Bewegungen, ebenso der Mangel an Fett an den Axen; hiernach hat sich der Geometer also zu richten.«

VII. Abschnitt.

Bussoleninstrumente.

Erstes Kapitel.

Eigenschaften der Magnetnadel. Constructionsprincip der Bussolen,
der Feldmessercompass.

Eigenschaften der Magnetnadel.

§ 240. Die Bussole dient zur Ermittlung der Weltrichtung von Linien und zur Horizontalwinkelmessung. Unter einer Bussole (bussola) versteht man ein Kästchen oder eine Kapsel, in welcher eine Magnetnadel, auf einem Stift lose aufgelegt, sich frei drehen kann. Der durch die Drehung des magnetischen Endpunktes der Nadel um den Unterstützungspunkt sich bildende Kreis ist auf der Bodenfläche des Kästchens markirt und mit einer Gradeintheilung von rechts nach links, oder nach beiden Seiten versehen, deren Nullpunkt an dem mit *N* bezeichneten Endpunkte eines Durchmessers dieses Kreises liegt. Die Abweichung der Nadel von diesem Durchmesser heisst das Azimuth.

§ 241. Bekanntlich nimmt jede frei, von Eisentheilen fern in ihrem Schwerpunkt unterstützte, an dem einen Ende magnetisirte Nadel, durch die Richtung der auf der Oberfläche der Erde hinziehenden magnetischen Strömungen bewogen, die Richtung nach dem magnetischen Nordpol der Erde, als dem nördlichen Zusammenfluss dieser Strömungen, an. Augenblicklich liegt der magnetische Nordpol auf der Insel Boothia felix (unter $70^{\circ} 30'$ n. Br. und $100^{\circ} 30'$ westl. Länge, woselbst ihn 1831

Capitän Ross auf einem von dem Engländer Booth gestellten Schiffe auffand). Derselbe fällt also nicht mit dem Erdnordpol zusammen. In Deutschland ist daher die durchschnittliche Richtung der Magnetnadel etwa die von Südsüdost nach Nordnordwest, bildet also mit dem astronomischen Meridian ihres Unterstützungspunkts einen Winkel. Wir nennen diesen Winkel die Declination der Magnetnadel für den Ort ihrer Aufstellung.

Die westliche magnetische Declination wurde zuerst 1492 von Columbus beobachtet, die Richtung der Magnetnadel in heutiger Zeit am eingehendsten untersucht von Dove in Berlin und Lamont in München.

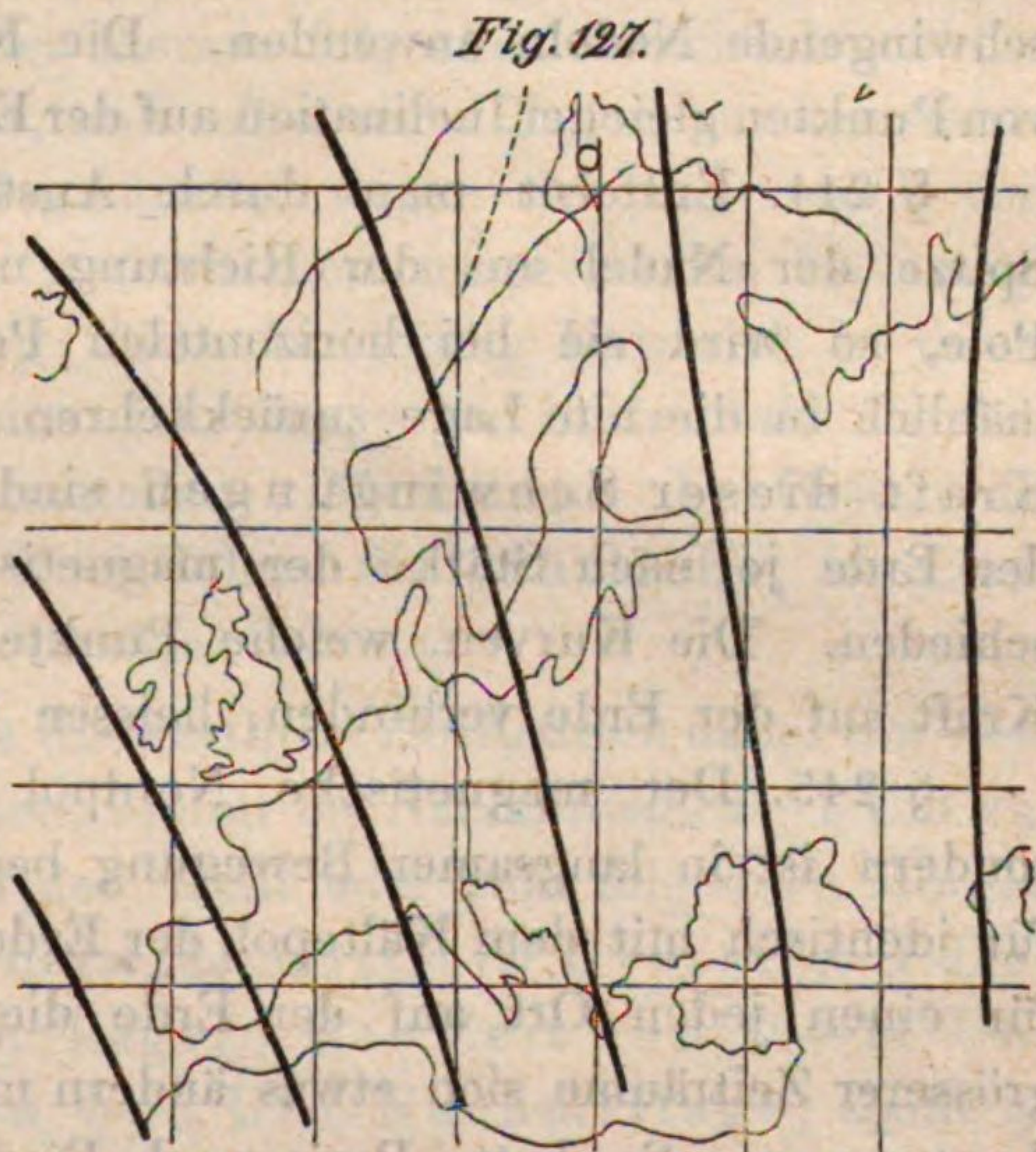
Für Berlin beträgt die Declination $17^{\circ} 30'$ ungefähr.

Für Cassel: $13^{\circ} 45'$ westlich.

Für Metz: $15^{\circ} 35'$ nach Westen.

Aus dem erdmagnetischen Atlas von Berghaus, in welchem die Beobachtungen der Declination, auf das Jahr 1825 reducirt, dargestellt sind, ist ersichtlich, dass die Nadel damals genau nach Norden nur in Nordwestaustralien und einem Theil des östlichen China zeigte, und in der Nähe von Quebeck und Cayenne, nach Westen zeigte sie in der Baffinsbay, nach Osten nördlich der Barrowspitze, nach Süden: zwischen Nordpol und magnetischem Pol. (Siehe für Europa 1825 in dem Carton nach Berghaus.)

Aus der Darstellung der magnetischen Meridiane auf dem Kärtchen ist gleichzeitig zu ersehen, dass die magnetischen



Meridiane mathematisch nicht construirbare Linien am Erdsphäroid sind, sondern durch Beobachtung gefunden werden müssen.

§ 242. Man hat diejenigen Punkte der Erde auf Karten mit einander verbunden, in welchen erfahrungsgemäss die Magnetnadel gleiche Declination zeigt; die hierdurch entstehenden Kurven sind die Isogonen.

§ 243. Ausser der Abweichung in horizontalem Sinne zeigt die im Schwerpunkt unterstützte Nadel auch ein Heraustreten aus dem Gleichgewicht, eine vertikale Abweichung der magnetisirten Spitze, die die Inclination heisst, und deren Mass je nach der geographischen Breite wechselt, so dass sie am Aequator = 0, am Pol = 90°, während die Declination mehr im Sinne der geographischen Länge sich ändert. Bei uns beträgt die Inclination ungefähr 67°, doch tritt sie für die vorliegende Betrachtung in den Hintergrund, weil wir horizontal schwingende Nadeln anwenden. Die Kurven der Verbindung von Punkten gleicher Inclination auf der Erde heissen Isoclinen.

§ 244. Entfernt man durch Anstossen die magnetische Spitze der Nadel aus der Richtung nach dem magnetischen Pole, so wird sie bei horizontalen Pendelschwingungen allmählich in die alte Lage zurückkehren. Die Schnelligkeit und Kraft dieser Schwingungen sind für verschiedene Orte der Erde je nach Stärke der magnetischen Erdströmung verschieden. Die Kurven, welche Punkte gleicher magnetischer Kraft auf der Erde verbinden, heissen Isodynamen.

§ 245. Der magnetische Nordpol bleibt nicht derselbe, sondern ist in langsamer Bewegung begriffen. (Man hält ihn für identisch mit dem Kältepol der Erde.) Hieraus folgt, dass für einen jeden Ort auf der Erde die Declination innerhalb grösserer Zeiträume sich etwas ändern muss: säculare Änderungen. So hatte Paris nach Eisenlohr 1663 eine Declination von 0°, 1814 von 22° 34' n. W., 1835 von 22° 4' n. W.

Aus den Mitteln der Beobachtungen der französischen Applicationsschule zu Metz bei Gelegenheit ihrer Vermessungsübungen sind die Declinationen pro August und September der Jahre von 1846 bis 1870 folgende gewesen:

1846 = 19° 40'	1861 = 17° 22'
1848 = 18° 55'	1862 = 17° 16'
1849 = 18° 50'	1863 = 17° 8'
1850 = 18° 45'	1864 = 17° 2'
1851 = 18° 30'	1865 = 16° 50'
1852 = 18° 22'	1866 = 16° 30'
1853 = 18° 16'	1867 = 16° 22'
1854 = 18° 12'	1868 = 16° 15'
1855 = 18° 5'	1869 = 16° 8'
1856 = 17° 58'	1870 = 16° 1'
1857 = 17° 52'	1871 = 15° 52'
1858 = 17° 45'	1872 = 15° 45'
1859 = 17° 40'	1873 = 15° 35'
1860 = 17° 31'	

§ 246. Aber auch innerhalb eines Jahres mit dem Wechsel der Jahreszeiten und der hieraus folgenden verschiedenen Erwärmung der Oberfläche, und selbst eines Tages, aus demselben Grunde, ändert die Magnetnadel wegen der dann auch veränderten Richtung der terrestrischen magnetischen Strömung, allmählich ihre Richtung; diese Aenderung lässt sich in ihrem Zusammenhange als eine sehr langsame horizontale Pendelbewegung der Nadel darstellen. Man nennt die Grösse der Schwingung im Laufe eines Jahres die jährliche, im Laufe eines Tages die tägliche Variation.

§ 247. In Europa ist die westliche Declination daher um 7—8 Uhr Morgens am kleinsten, nimmt bis Nachmittags 1—2 Uhr zu, dann bis zum Einbruch der Nacht oder zum folgenden Morgen wieder ab. Hiernach liegt die mittlere Grösse der Declination für einen Tag in der Zeit von 10—11 Uhr Vormittags und von 4—5 Uhr Nachmittags, dann ist die Variation also am kleinsten.

Man kann, nach Lamont (in München), annehmen, dass die Grösse der Variation der Tageslänge, also der Dauer der Erwärmung durch die Sonne, etwa proportional sei.

§ 248. Die Magnetnadel ist, ausser den säcularen, jährlichen und täglichen Variationen, dem Spiel aller möglichen momenta-

nen, örtlichen, magnetischen Erscheinungen unterworfen. Jede unter- und oberirdische magnetische, von der gewöhnlichen abweichende Strömung, jedes Nordlicht, jeder entgegengesetzt magnetische Körper, jedes Stück Eisen, in der Nähe befindliche eisenhaltige Bergtheile, verändern die Richtung der Magnetnadel; momentane Abweichungen.

§ 249. Aus alle diesem folgt:

1. dass die Magnetnadel in mathematischem Sinne niemals ein und dieselbe Weltrichtung angiebt;
2. dass man, um sie mit Erfolg gebrauchen zu können, die Declination des Standortes kennen muss;
3. dass die Abweichungen von der mittleren Declination eines Ortes aber sehr gering sind, dass sie für Messungen mittlerer Genauigkeit ausser Acht gelassen werden können, und dass mithin
4. die Magnetnadel immerhin ein einfaches und gutes Mittel ist, um den mathematischen Meridian aufzufinden, wenn man nicht Beobachtungen astronomischer Art anwenden kann oder will.

Constructionsprincip für die Bussole als Winkelmessinstrument.

§ 250. Dreht man die Kapsel so, dass der mit *N* bezeichnete Durchmesser des Gradkreises und die Nadel genau parallel übereinanderstehen, so bezeichnet die Richtung *MN* des Durchmessers vom Drehpunkt der Nadel und Mittelpunkt des Kreises den magnetischen Meridian des Standpunktes. Die Richtung des wahren Nordpols würde man durch Addition der Declination als Kreisbogen finden.

Wollte man die Richtung einer beliebigen Linie ermitteln, so müsste man die Kapsel so drehen, dass *MN* mit dieser Linie zusammenfiele. Die Abweichung der in ihrer Richtung verharrenden Nadel giebt dann das Azimuth der gesuchten Richtung; die Declination mitberücksichtigt, ergiebt die Welt-richtung mit Bezug auf den mathematischen Meridian des Orts.

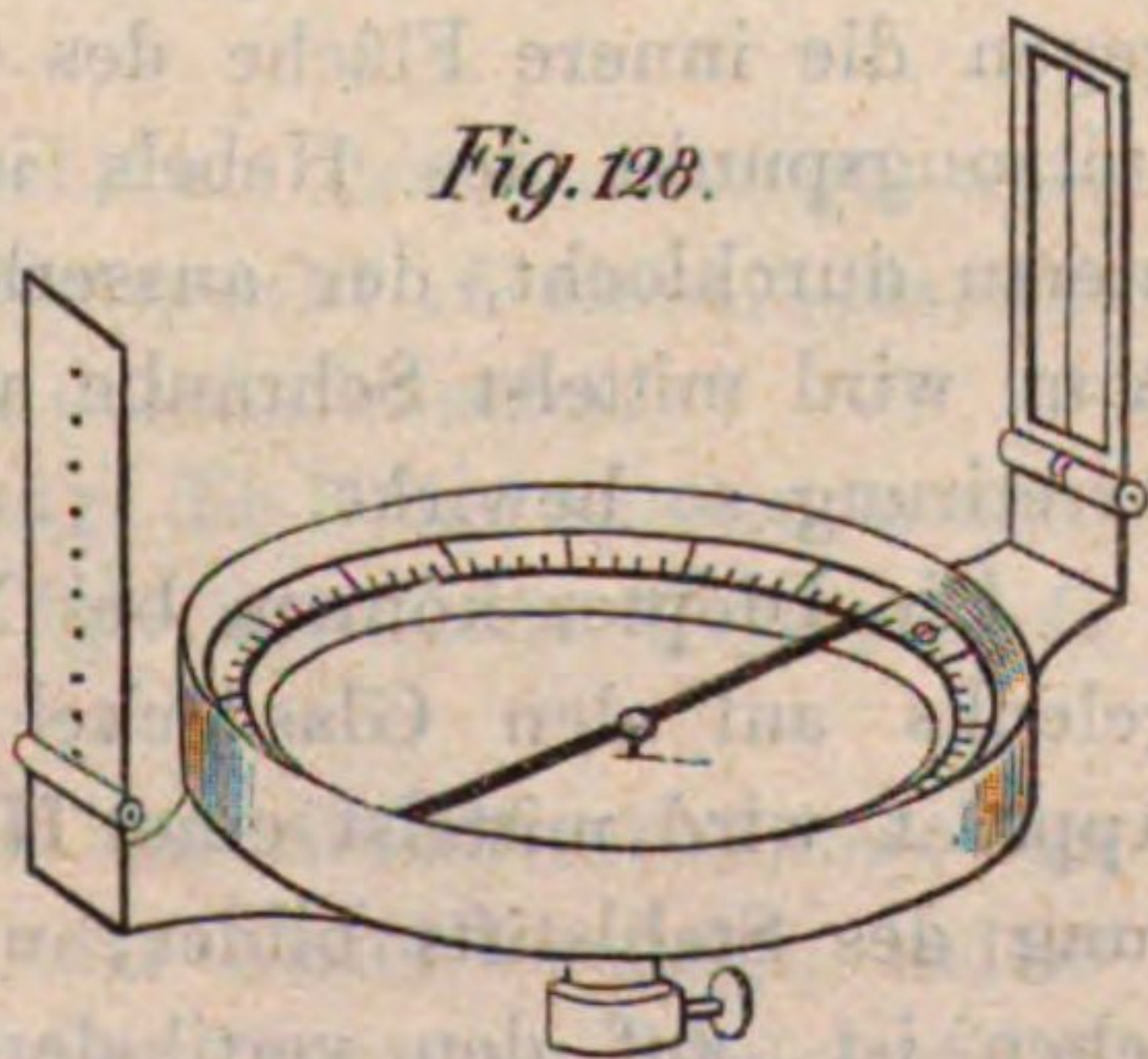
Diese Beobachtung führt dazu, die Bussole als Instrument zur Messung von Horizontalwinkeln

in der Vermessungskunst zu gebrauchen, indem man mit der Kapsel eine Visireinrichtung verband, deren Visiraxe genau parallel dem Durchmesser des Gradkreises geführt ist, und indem man der Nadel und der Gradkreisfläche eine feine Horizontalstellung und der ganzen Kapsel eine feine Horizontal-drehung verlieh.

§ 251. Geschichtliches (a. Brockh., Conv.-Lex.). »Wann und wo die Bussole erfunden ist, lässt sich nicht mit Bestimmtheit angeben. Gewöhnlich nennt man als Erfinder Flavio Gioja aus Pasitana bei Amalfi im Königreich Neapel, und es scheint ausgemacht zu sein, dass dieser zuerst um 1302 die Magnetnadel auf eine Spitze setzte und den Compass in acht Weltgegenden theilte. Andererseits hat man Beweise, dass die Eigenschaft der Magnetnadel bereits früher in Europa bekannt war und eine compassähnliche Einrichtung in Frankreich im 12. Jahrhundert den Namen Marinette führte. Die Missionäre der Jesuiten fanden die Magnetnadel in China schon vor, und manche vermuthen, dass der Venetianer Marco Polo sie 1295 aus China nach Europa gebracht habe, und führen zur Bestätigung an, dass die Venetianer früher wie die Chinesen die Magnetnadel auf einem Stück Kork schwimmen liessen.«

Der Feldmessercompass oder die grosse Bussole.

§ 252. Eine kreisförmige ebene Messingplatte von 15 Cm. Durchmesser ist nach 2 entgegengesetzten Richtungen verlängert und trägt an den Enden dieser Arme zwei Diopter, ein Oculardiopter mit Ocularspalte oder -Löchern in einer Linie über einander, und einen Objectivdiopterrahmen mit vertikalem Pferdehaar, senkrecht zur Ebene der Messingplatte errichtet. In der Mitte der Visirlinie, gleichzeitig dem Mittelpunkt der Kreisscheibe,



ist ein feiner spitzer Stahlstift senkrecht errichtet; auf diesem ruht eine Magnetnadel von oblonger Gestalt von feinem gehärteten Stahl mittelst eines über ihrem Schwerpunkt aufgelötheten mit Achat ausgefüllten Messinghütchens horizontal im völligen Gleichgewicht. Die Mittellinie der Nadel, welche durch den Stahlstift gehen würde, ist durch eine feine Goldlinie bezeichnet. Das magnetisirte (negativ magnetische) Ende der Nadel ist durch ein *N* in Goldschrift bezeichnet.

Die Spitze des Stahlstifts, gleichzeitig also die Mitte des Messinghütchens, oder der Halbirungspunkt der Goldlinie bildet den Mittelpunkt für einen etwas erhöhten, versilberten, festen Kreisring, auf welchem eine Gradeintheilung, bis auf $\frac{1}{2}$ Grade genau, eingravirt ist, und zwar derart, dass der Anfangspunkt der Theilung und der um 180^0 entfernte in die vertikale Visirebene der Dioptervorrichtung fällt, der Anfangspunkt speciell nach dem Objectivende zu. Derselbe ist mit *o* und *N* bezeichnet, die Theilung geht von rechts nach links (seltener nach beiden Seiten bis 180^0) bis 360^0 . Der 90^0 , 180^0 , 270^0 sind den Himmelsgegenden entsprechend mit *O*, *S*, *W*. bezeichnet (manchmal ist *O*. und *W*. vertauscht wegen der scheinbaren Bewegung der Nadel beim Winkelmessen). Nadel und Gradkreis sind durch Kapselwand und Glasdeckel geschützt.

Soll die Nadel nicht gebraucht, und ihre Schwingung aufgehalten werden, um den Stift und das Hütchen zu schonen, so dient eine Arretirvorrichtung hierzu. Diese besteht in einem Hebel, der mittelst Gabel die Nadel von dem Stift abhebt und gegen die innere Fläche des Glasdeckels drückt. Der Unterstützungspunkt des Hebels ist an der Kapselwand, welche hierzu durchlocht, der ausserhalb derselben vorstehende kurze Arm wird mittelst Schraube allmählich herabgedrückt und die Arretirung so bewirkt.

Die Diopter können bei Nichtgebrauch mittelst Charniergelenks auf den Glasdeckel geklappt werden. Der ganze Apparat wird mittelst einer Hülse, deren Axe die Verlängerung des Stahlstifts bildet, und die mit Klemmschraube versehen ist, auf den vertikalen Centralzapfen des dreifüssigen

Aufsatzes gesteckt und fest geklemmt, eventuell horizontal grob drehbar. Dieser Aufsatz, der wiederum mittelst Schraubenstange und Spiralfeder an dem Teller des kleinen, leichten Fussgestells befestigt ist, dient zur Horizontalstellung der Basisplatte der Bussole. Unter Umständen könnte auch eine feine Horizontaldrehung der Hülse der Bussole an dem Zapfen mittelst Mikrometerschraube angebracht werden.

Zu dem Apparat gehört dann noch ein kleines Dosen-niveau, welches, auf den der Basisfläche parallel construirten Glasdeckel gesetzt, die Horizontalstellung zu controlliren hat.

Zweites Kapitel.

Elementargebrauch, Anforderungen, Prüfung. Gebrauch der Bussolen im Allgemeinen.

§ 253. Der Gebrauch des Instruments zum Horizontalwinkelmessen, der einzigen Elementaroperation, die mit dem Instrument zu bewerkstelligen ist, und aus welcher alle übrigen folgen, ist einfach. Sei *St* der angenommene Stationspunkt und es soll der Horizontalwinkel von *St* nach *A* und *B* ermittelt werden (Fig. 129), so wäre die Reihenfolge der Arbeit:

1. Aufstellen des Stativs, so dass der Stift *M* über dem betreffenden Stationspunkt steht.
2. Aufsetzen des Dosenniveaus, Horizontalstellen mittelst Stellschrauben, Aufklappen der Diopter, dass sie lothrecht stehen.
3. Horizontaldrehung der Kapsel, so dass das Auge über Ocular und Objectiv den Objectpunkt *A* sieht, bis das Pferdehaar denselben vertikal durchschneidet.
4. Langsames Lösen der Arretirung, die Nadel spielen lassen, wobei Eiseninstrumente und dgl. irritirende Gegenstände fern zu halten sind.
5. Beobachtung des Theilstrichs der Gradeintheilung, an welchem sich der Goldstrich der Nadel beruhigt, indem man möglichst sich in die Verlängerung der Nadel stellt,

um richtig zu sehen. Jedes Schiefsehen würde Fehler mit sich bringen.

6. Das Azimuth für $St A$ von 0 ab rechts gerechnet, wird sich aus der Gradziffer ergeben. Notiren der Ziffer. (Convexwinkel von α' .)

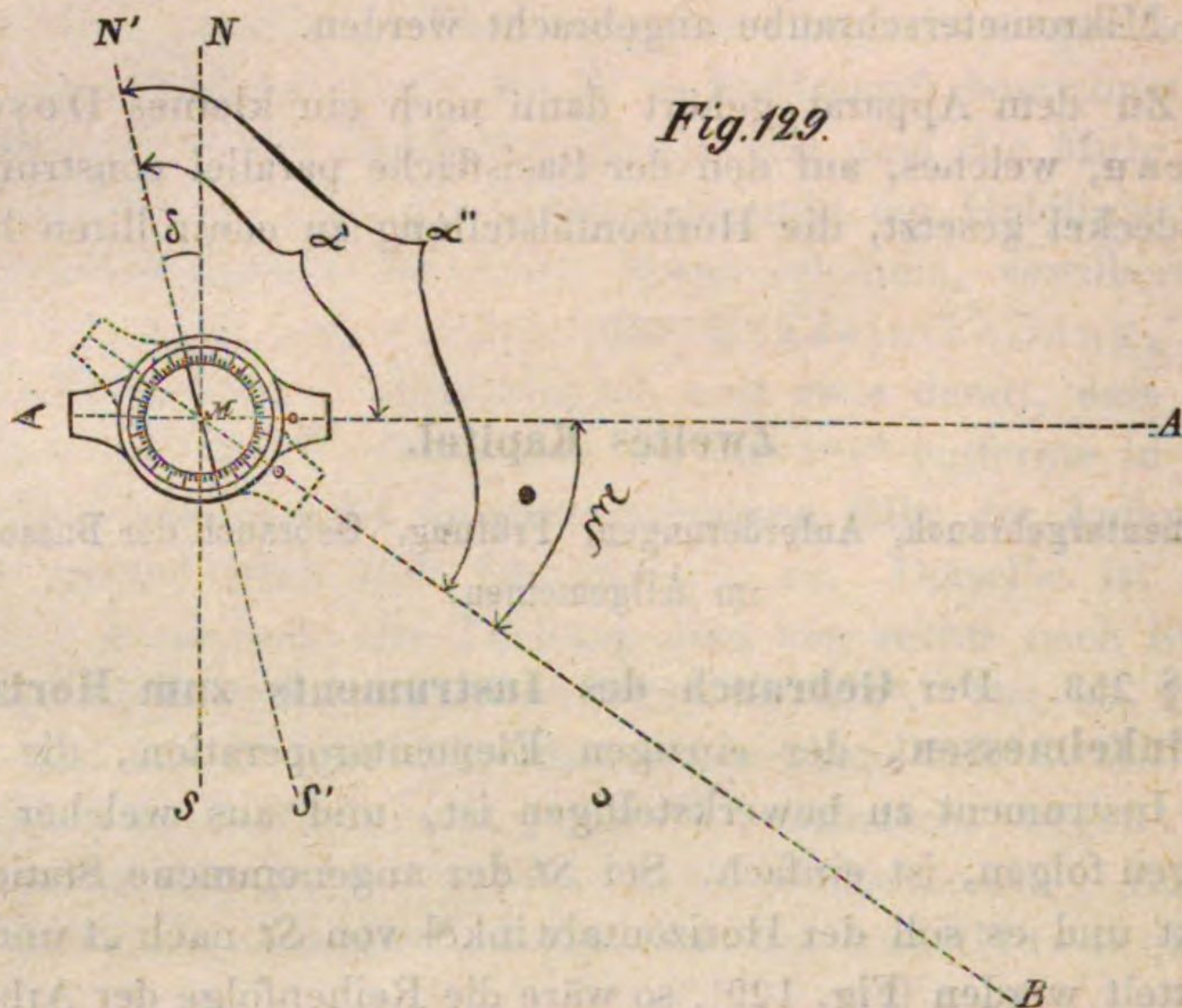


Fig. 129.

7. Langsame Horizontaldrehung der Diopterlinie in die Richtung B . Eine gute Nadel, die gut unterstützt ist, wird dabei völlig unverändert und unbeweglich die Stellung $N'S'$ des magnetischen Meridians beibehalten.

8. Beobachtung und Notiren des neuen Azimuths, für B . (Convexwinkel von α'' .)

9. Die Differenz der Azimuthe giebt den Horizontalwinkel ξ .

Um den Winkelschenkel auf den mathematischen Meridian zu beziehen NS , muss zu den Azimuthen (Convexwinkeln von α' und α'') die Declination δ addirt werden, also:

$$\xi = (360^\circ - \alpha' + \delta) - (360^\circ - \alpha'' + \delta).$$

Ist der Winkel gegen Osten geöffnet, nicht wie hier beispielsweise gegen Westen, so ist

$$\xi = \alpha' - \alpha'' ,$$

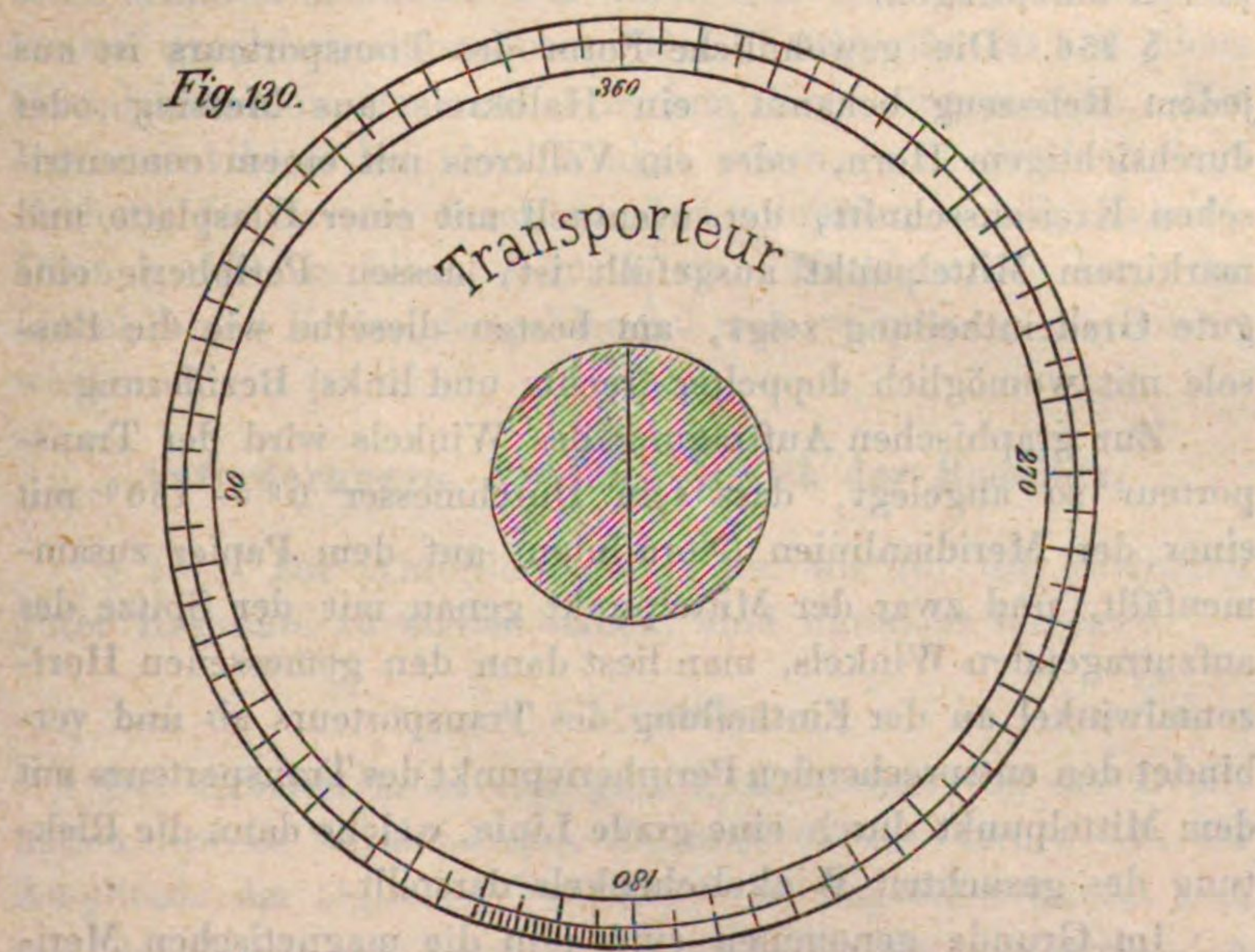
und auf die wahre Nordrichtung bezogen,

$$\xi = (\alpha' + \delta) - (\alpha'' + \delta) .$$

Die wahre Nordrichtung wird bei der Messung aber nie berücksichtigt.

Wir haben auf diese Weise den Winkel **geometrisch** in Graden und halben Graden.

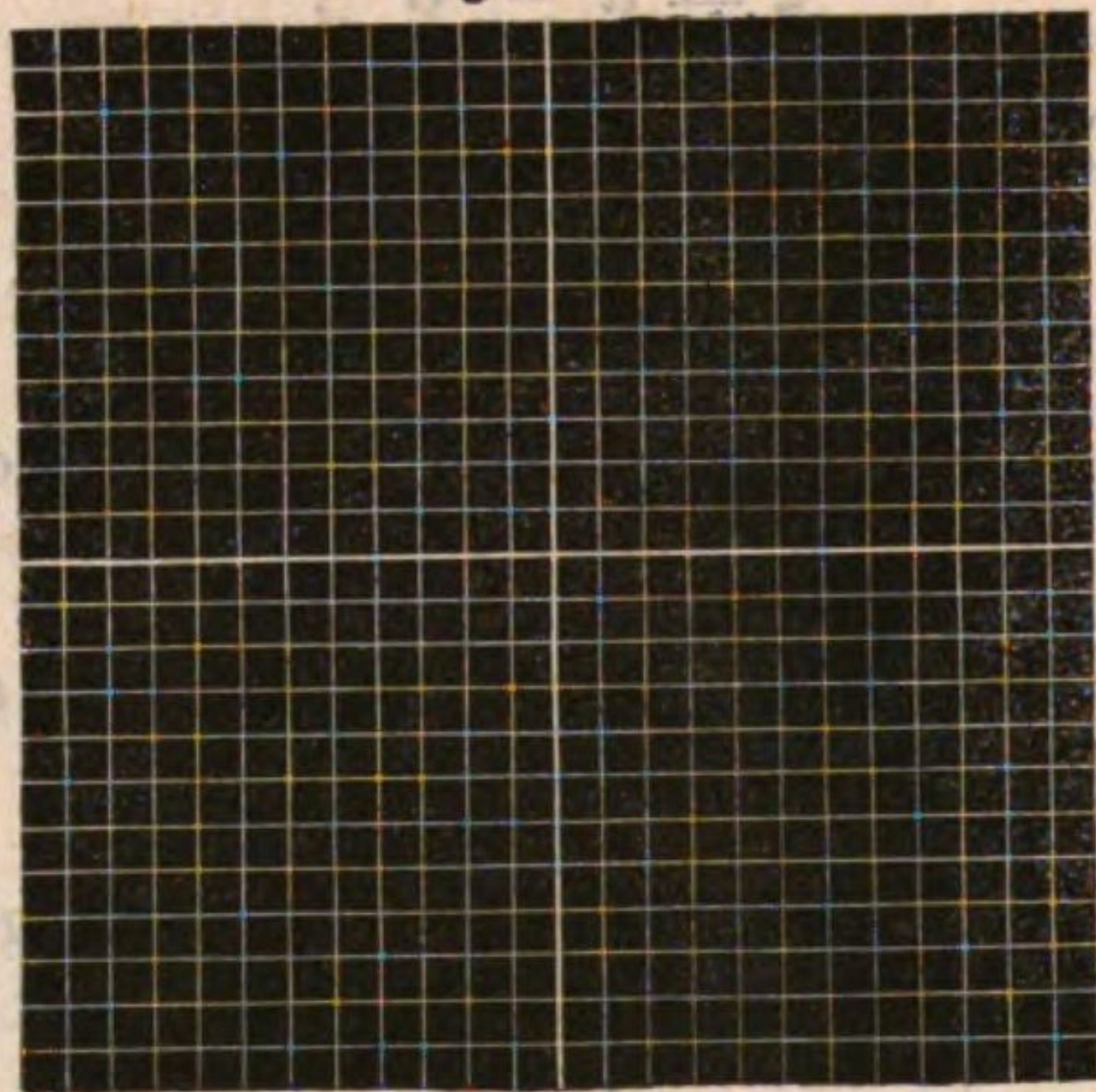
§ 254. Soll der Winkel auch **graphisch** gegeben werden, was bei der Aufnahme mit der Bussole sehr häufig verlangt wird, so bedarf es hierzu an Hilfsmaterial einer ebenen Holztafel (Planchett), die mit **linirtem Papier** von der Form,



wie in Fig. 131, bespannt ist (besser decadisch, als duodecadisch getheilt), und eines **Transporteurs**. (Fig. 130.)

§ 255. Die Linirung des Papiers hat den Zweck, an jeder Stelle desselben die Richtung der magnetischen Meridianlinie

Fig. 131.



zu geben, an welche der Azimuthwinkel angelegt wird, um die Richtung des zu bestimmenden Winkelschenkels gleich graphisch aufzutragen.

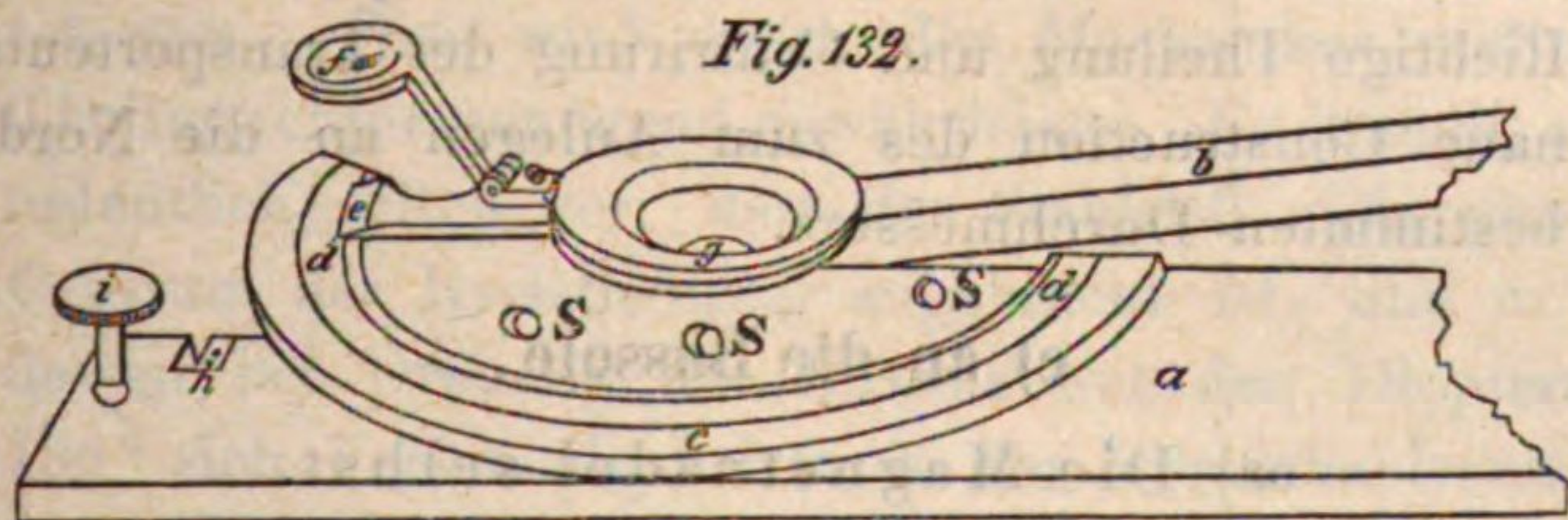
§ 256. Die gewöhnliche Form des Transporteurs ist aus jedem Reisszeug bekannt, ein Halbkreis aus Messing oder durchsichtigem Horn, oder ein Vollkreis mit einem concentrischen Kreisausschnitt, der eventuell mit einer Glasplatte und markirtem Mittelpunkt ausgefüllt ist, dessen Peripherie eine gute Gradeintheilung zeigt, am besten dieselbe wie die Bussole mit womöglich doppelter (rechts und links) Bezifferung.

Zur graphischen Auftragung des Winkels wird der Transporteur so angelegt, dass sein Durchmesser $0^0 - 180^0$ mit einer der Meridianlinien (Nordlinien) auf dem Papier zusammenfällt, und zwar der Mittelpunkt genau mit der Spitze des aufzutragenden Winkels, man liest dann den gemessenen Horizontalwinkel an der Eintheilung des Transporteurs ab und verbindet den entsprechenden Peripheriepunkt des Transporteurs mit dem Mittelpunkt durch eine grade Linie, welche dann die Richtung des gesuchten Winkelschenkels darstellt.

Im Grunde genommen sind nun die magnetischen Meridiane nicht parallel, wie es durch das linirte Papier angegeben wird, sondern folgen den erdmagnetischen Gesetzen. Die Abweichung ist für kleine Erdflächen aber verschwindend klein,

daher zu vernachlässigen. [In der Nähe des magnetischen Pols würde übrigens der Gebrauch der Magnetnadel zum Winkelmessen Illusion].

Von Pistor und Martins in Berlin ist ein praktischer grosser Transporteur construirt, welcher in Fig. 132 ersichtlich: *a* und *b* sind zwei Lineale, bis zu 50 Cm. lang. Auf *a* ist der Kreis *c* mit Theilung *dd* aufgeschraubt, um dessen Centrum mittelst concentrischen Ringes *g* das Lineal *b* mit Nonius bei *e* nebst Lupe *f* drehbar ist. Es sind noch ein-



zelne Minuten abzulesen und durch Linienziehen an den Ziehanten graphisch darstellbar. Der Mittelpunkt ist auf einem Glasplättchen in dem concentrischen Ringe eingestochen. Das Instrument kann bis 180° Winkel geben, was durch geringe Drehung des Kreises durch die drei Schrauben *s* möglich wird. Dann greift das Lineal *b* in *h* ein. Nöthigenfalls kann das Lineal *b* am Kreise festgeklemmt und mikrometrisch bewegt werden.

Anforderungen, Prüfung, Kritik der Bussolen.

§ 257. Die Anforderungen, die wir für die Erzielung guter Resultate zu stellen haben, sind nunmehr folgende:

a) allgemein:

Der Arbeiter muss eine genaue Kenntniss von der Declination des zu vermessenden Terrains haben, ferner von der Amplitude der täglichen Variation, und ungefähr vertraut sein mit der Natur der Magnetnadel und der auf sie wirkenden Materien (an Metallen: Stahl, Eisen, Nickel); nur dann wird er im Stande sein, die Anforderungen an die Schärfe seiner

Arbeit auf das für dieses Instrument zulässige, immerhin doch noch bedeutende Mass zu beschränken. In unübersichtlichem Terrain, wo man weite Visirpunkte nicht hat, und wo jedes Mittel sich zu orientiren und die Weltrichtung von Linien zu finden, fehlt, ist die Bussole ein ausserordentlich brauchbares Instrument (in Bergwerken, Minen ist sie oft das einzige Mittel, die Richtung der Gänge zu bestimmen).

b) an das Hilfsmaterial zur graphischen Darstellung.

1. Parallelität der Nordlinien auf dem Papier.
2. Richtige Theilung und Centrirung des Transporteurs, genaue Construction des zum Anlegen an die Nordlinien bestimmten Durchmessers.

c) an die Bussole.

aa) Die Magnetnadel selbst.

1. Gute Magnetisirung. Dies erkennt man an dem starken Schwingen der Nadel und schnellen Zurückkehren in ihre Normalrichtung, wenn sie durch Stoss daraus entfernt ist.
2. Die Goldlinie, Nordlinie der Nadel, muss genau den Unterstützungspunkt schneiden und gegen die Gradeintheilung hin spitz endigen. Dieses Ende darf wegen bequemer und genauer Winkellesung nicht weit von der Eintheilung abstehen.
3. Das Messinghütchen und der darin befindliche Stein müssen fest sitzen und so angebracht sein, dass der Lagerpunkt auch genau der Schwerpunkt der Nadel ist, deren Enden nicht über oder unter der Gradeintheilung schweben dürfen. Ebensowenig darf die Nadel im Querschnitt schief liegen.

Damit die Nadel ihre volle Kraft frei ausüben kann, ist der Apparat von entgegengesetzt magnetischen Stoffen frei zu halten, z. B. also aus Messing oder Wolfmetall (Zusammensetzung aus reinem Kupfer und engl. Zinn) zu arbeiten.

4. Die Spitze des Stahlstifts und der Lagerpunkt müssen zusammenfallen. Die Stahlspitze, auf welche sie aufge-

setzt ist, muss vollkommen geschliffen sein, also einem mathematischen Punkt möglichst gleichkommen. Das Hütchen der Magnetnadel selbst muss innen in einem sogenannten Körnerpunkt ausgeschliffen sein, d. h. das Innere des Achat- oder Stahlhütchens, welches kegelförmig ausgehöhlt ist, muss nach der Mitte hin in einen hell polirten ellipsenförmigen Punkt auslaufen.

bb) Das Gehäuse.

1. Die Gradeintheilung muss richtig und centrisch gearbeitet sein. Dies wird durch den Mechaniker und dessen Theilmaschine genügend gewährleistet. Es kommt ausserordentlich selten vor, dass der Stahlstift nicht genau im Centrum der Kreistheilung angebracht ist, und in Folge dessen bei Drehung der Bussole mit den Dioptern um 180° sich Verschiedenheiten in der Azimuthablesung geltend machen würden.

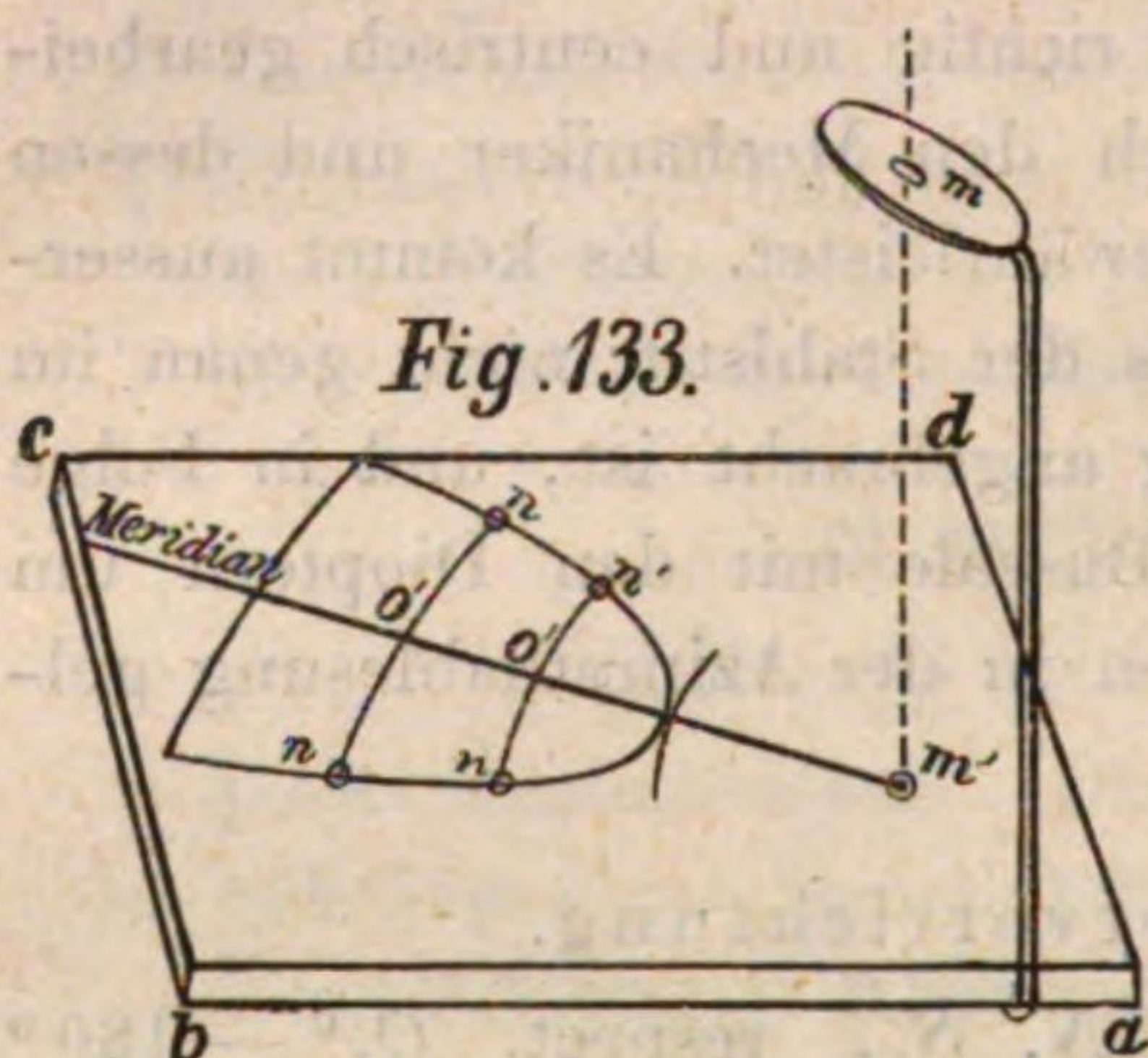
cc) Die Dioptervorrichtung.

Die Visirlinie muss zu *N. S.*, respect. $0^{\circ} - 180^{\circ}$ der Theilung parallel gerichtet sein. Eine Abweichung hiervon würde zwar auf die Ermittlung der Winkelgrössen ohne Einfluss sein, aber die Weltrichtung der Visirlinien würde falsch angenommen werden, weil das Azimuth um den Abweichungswinkel zu gross oder zu klein genommen worden wäre. Zur Controlle dieser Abweichung bedarf es einer im Terrain markirten mathematischen Nordlinie, der Mittagslinie, sowie der Kenntniss der Declination an dem betreffenden Punkt. Visirt man die Diopterlinie auf die Mittagslinie ein und die Declination der Nadel zeigt nicht die vorher ermittelte Abweichung, so ist die Differenz zwischen dieser Abweichung und der Declination die Grösse der Abweichung der Visirlinie von dem Durchmesser *N. S.*

Auffindung der Mittagslinie.

§ 258. Die Auffindung der Mittagslinie von einem Punkt aus kann in ungefährender Weise wie folgt geschehen (siehe Salneuve, Cours de Topographie et géodésie).

Eine mit Papier bespannte horizontale ebene Platte $abcd$ wird auf Stativ auf dem Beobachtungspunkt aufgestellt. An derselben ein Stab aufrecht befestigt, der in der kleinen dünnen Scheibe S mit Loch endigt. Die Scheibe ist so zu biegen und die Platte so zu drehen, dass muthmasslich und ungefähr der Sonnenstrahl um Mittag die Scheibe senkrecht trifft und in die Mitte der Platte fällt. Mittelst eines feinen Lothes mm' projicirt man das Loch m auf die Platte in m' (und lothet dann



von dort den Punkt auf der Erde ein, um später ihn durch ein Pfählchen oder Bake zu markiren). Um m' construirt man eine Anzahl concentrischer Kreisbögen non' , pop' , etc. Dann beobachtet man den Gang der Sonne, einige Zeit vor und nach Mittag, trägt die Lage des Sonnenpunkts (der durch das Loch der Scheibe scheint) auf den

Kreisen ein und zieht durch die so bezeichneten Punkte die Kurve für den Gang des Sonnenpunkts aus. Die Entfernungen der beiden Durchgangspunkte dieser Kurve je auf einer Kreislinie werden halbirt und die Verbindungslinie der Halbirungspunkte auf sämmtlichen Kreisen giebt die Mittagslinie.

Einfacher und genauer geschieht dies, wenn man mittelst eines genau nach Sonnenzeit (nicht der gewöhnlichen mittleren Zeit) gestellten Chronometers (zur Noth auch Ankeruhr) um gleiche Zeitabstände vor und nach Mittag je zwei oder mehr Beobachtungen des Sonnenpunkts macht, sie bezeichnet und die beiden Verbindungslinien beider entsprechenden Beobachtungen halbirt. So bildet die Verbindungslinie der beiden Halbirungspunkte den Meridian, den man dann durch Anlegen eines Visirinstrumentes auch im Terrain mittelst Signalen festlegen kann. Jedenfalls ist dies Verfahren aber ungenau. Genauer kann es nur mittelst des Theodolithen geschehen, überhaupt mittelst vollkommener Horizontal- und Vertikalwinkel-

instrumente. Dann ist aber in der Regel Kenntniss der höheren Geodäsie, also auch der höheren Mathematik nöthig. Ein elementares Verfahren wird weiter unten (bei Theodolith) gezeigt werden.

Drittes Kapitel.

Anderweite Constructionen.

Die Fernrohrbussole von Breithaupt. (Fig. 134.)

§ 259. Die Bussole hat, wie aus der Figur ersichtlich, alle Verbesserungen erhalten, die möglich sind: Ein mässig vergrößerndes Visirfernrohr (ein stark vergrößerndes würde

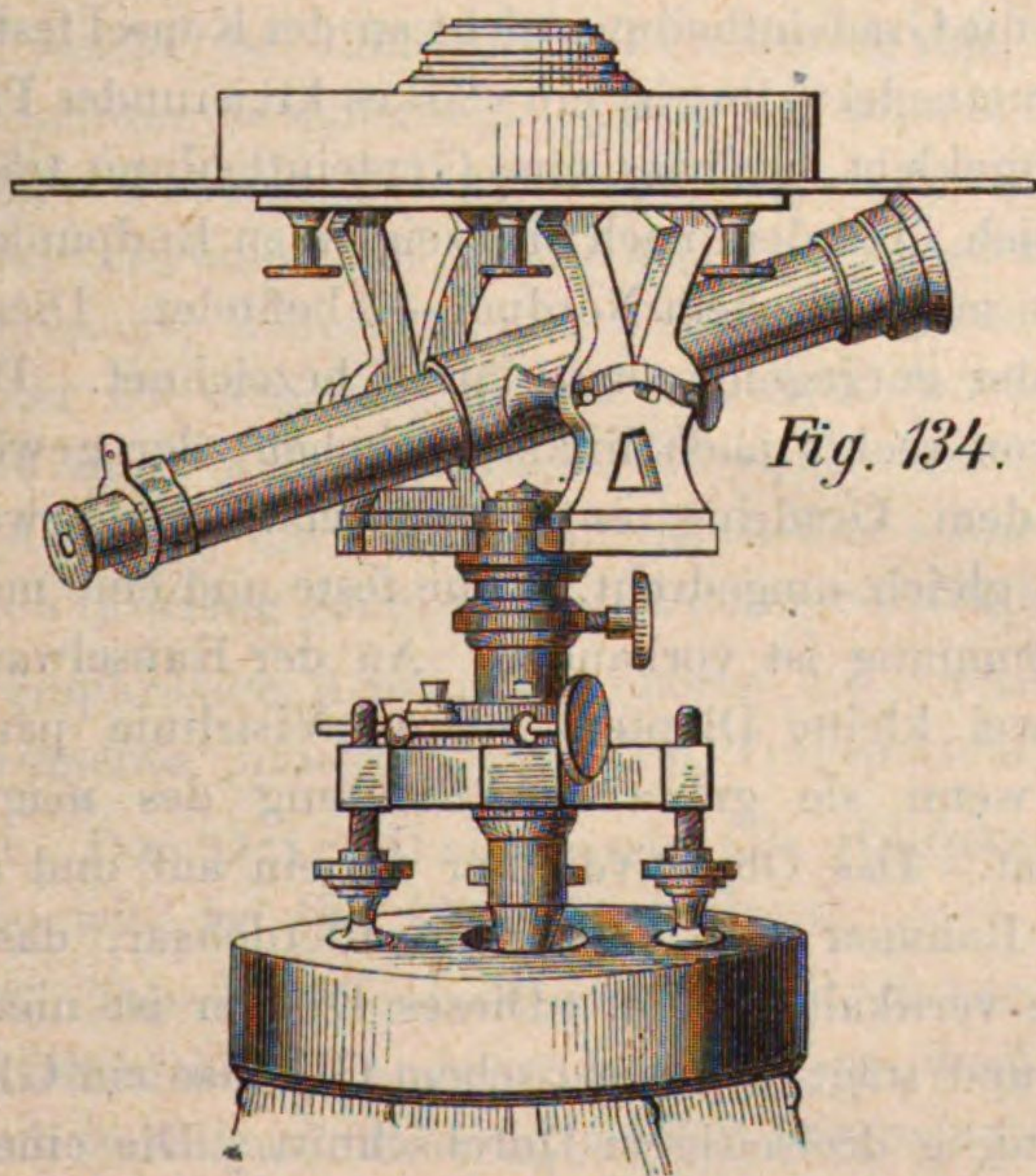
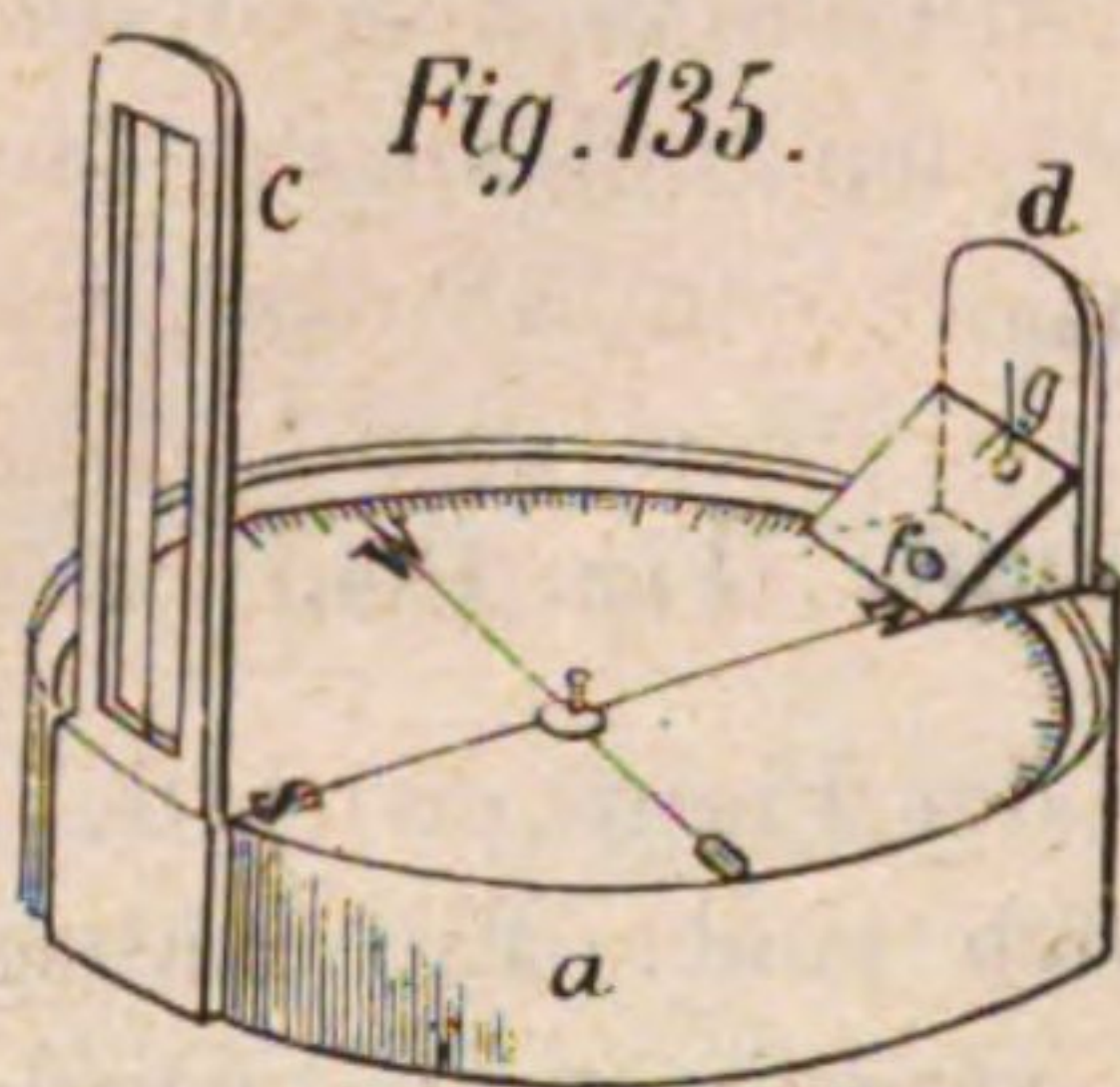


Fig. 134.

Kraftverschwendung sein), feine Horizontalstellung durch Dreifuss mit Stellschrauben, feine Horizontaldrehung mittelst Mikrometerschraube.

Die Patentbussole von Schmalkalder. (Fig. 135.)

§ 260. Um bei flüchtigen Vermessungen, Recognoscirungen eines zu vermessenden Terrains ein leichtes, bequemes Instru-



ment zum Orientiren und Horizontalwinkelmessen, für den einfachen Handgebrauch, überall mitführbar, zu liefern, construirte Schmalkalder in London eine kleine Diopterbussole in einer cylindrischen Kapsel von 7 Cm. Durchmesser und 3 Cm. Höhe.

Die stählerne Magnetnadel ist, wie gewöhnlich, in der Mitte der Kapsel auf Stahlstift in Hütchen drehbar.

Dagegen ist die Gradeintheilung nicht an der Kapsel fest, sondern auf die Magnetnadel selbst ist ein starkes kreisrundes Papierblatt centrisch aufgeklebt, welches eine Gradeintheilung trägt, deren Nullpunkt sich über dem nach Süd zeigenden Endpunkt der Nadel (— deren magnetischem Nordpol —) befindet. Dieser Punkt ist mit *N*, der entgegengesetzte mit *S* bezeichnet. Die Bezifferung ist von rechts nach links geschehen, der gewöhnlichen festen auf dem Gradring entgegengesetzt, und zwar einem Spiegelbilde gleich umgedreht. Eine feste und eine momentane tastende Klemmung ist vorhanden. An der Kapselwand befinden sich zwei kleine Dioptern, deren Visirlinie parallel der Nadel ist, wenn sie grade die Richtung des magnetischen Meridians hat. Das Objectivdiopter ist ein auf und nieder zu klappender Rahmen mit vertikalem Pferdehaar, das Oculardiopter eine vertikale Spalte. Dieses Diopter ist niedriger als das andere und trägt in prismatischem Gehäuse ein Glasprisma, von rechtwinklig dreiseitigem Durchschnitt. Die eine Kathete dieses Durchchnittes ist der Gradeintheilung, die andere der Visirspalte zugekehrt. Die Lichtstrahlen werden in diesem Prisma rechtwinklig gebrochen. Das Auge des Beobachters, welcher mit dem Objectivpferdehaar ein Object fixirt, kann gleichzeitig daher durch dieselbe Ocularspalte die Gradeintheilung sehen.

Das Prisma ist häufig in convexem Sinne geschliffen, so dass es neben der Umkehrung auch eine Vergrößerung der Ziffern im Auge bewirkt. Um für jedes Auge das Glas richtig zu stellen, ist das Oculardiopter in Nuthe auf und nieder verschiebbar und festklemmbar, auch für den Nichtgebrauch nach rückwärts umzuklappen. Das Ganze wird dann mit einem Deckel schachtelförmig verschlossen. Beim Gebrauch kann der Deckel auf die untere Seite geschoben werden und an ihn ein kleiner Halter oder Hohlcyylinder befestigt werden, so dass das Instrument auch auf einen Stock gesetzt werden kann. Das Ganze ist in Etui verwahrt mit Riemen zum Umschnallen, oder kann auch in der Tasche mitgeführt werden.

Der Gebrauch ergibt sich von selbst. Der Beobachter hält das Instrument nach dem Gefühl horizontal vor sein Auge, richtet die Visirlinie auf das Object ein, und so kann er durch die Ziffer, welche, bei allmählicher Beruhigung der Nadel (durch Tastervorrichtung beschleunigt), grade vor seinem Auge halten bleibt, ohne Weiteres das östliche Azimuth der Visirlinie ablesen. Das Instrument ist leicht, macht aber keinen Anspruch auf Genauigkeit, daher zusammenhängende Vermessung, wo viel Winkel zu messen sind, zu unzureichenden Resultaten führt. Sie ist in der Hand eines die Fehler geschickt paralyisirenden Arbeiters aber eine gute Stütze bei schnellen Recognoscirungen in wenig gangbarem und unübersichtlichem Terrain.

Zur graphischen Aufnahme gehören die bereits genannten Hülfsinstrumente (linirtes Papier und Transporteur).

§ 261. Die Orientirbussole (als Hülfsinstrument des Messtisches wird im IX. Abschnitt erörtert).

§ 262. Die Bussoleninstrumente sind bisher vielfach in der Markscheidekunst angewendet worden, doch auch hier meist durch zuverlässigere compendiöse Instrumente verdrängt. Um die Richtung eines Stollens (im militairischen Leben bei Minenanlage ebenfalls nöthig) zu finden, in welchem ein Stativ nicht aufgestellt werden kann, die Hand aber zu unsicher wäre, spannt man wohl eine Schnur in der angegebenen Richtung

fest aus [zur Ermittlung des Winkels, den zwei Gänge bilden, also zwei] und hängt hieran den sog. Hängecompass.

Der Hängecompass ist eine Bussole, welche sich in einem sogenannten Gehänge in Axen bewegt. Das Gehänge ist ein Reif mit Armen und zwei Haken, mittelst welcher der ganze Compass an jene Schnur gehängt wird. Die Neigung oder Steigung der Schnur, also auch des Stollens, wird an dem ebenfalls daran aufgehängten Gradbogen mit Loth abgelesen. Die Bussole lässt sich aus dem Gehänge leicht herausnehmen und in eine vierseitige Zeichenplatte einsetzen, mit Hülfe welcher die gemessenen Winkel gleich zugelegt, d. i. graphisch aufgetragen werden können.

Näheres auch über die unter der Erde üblichen Lampensignale: bei Weissbach, Markscheidekunst, und Borchers Markscheidekunst, sowie in den Werken über Vermessungskunst von Bauernfeind, Hunaeus, Schneitler etc.

Viertes Kapitel.

Vermessungsarbeiten mit der Bussole.

Brauchbarkeit der Bussole.

§ 263. Alle Vermessung mit der Bussole beruht auf ihrer Eigenschaft als Horizontalwinkelmesser. Sie giebt eben nur die Winkel, die Längen müssen gemessen oder abgeschritten werden, je nach dem Grad der Genauigkeit, der verlangt wird.

Von wirklicher Brauchbarkeit für eine Vermessung ist eigentlich nur der Feldmessercompass, die Patentbussole ist dagegen wegen der Kleinheit ihres Kreisdurchmessers unzuverlässig und daher nur zu flüchtigen, recognoscirenden Vermessungen mit Vorsicht und Misstrauen zu gebrauchen.

Die Bussole wurde früher, und hier und da heute noch (z. B. in Frankreich), aber ausnahmsweise, bloss weil sie eben vorhanden ist, zu correcten topographischen Vermessungen benutzt. Es giebt aber für diese Arbeiten heutzutage bessere und vollkommnere Apparate, wie wir später sehen werden.

Die Aufnahme mit der Bussole hat den Vortheil, dass sie unabhängig von mehr oder weniger mangelnder Uebersicht im Terrain gebraucht werden kann.

§ 264. Die einzige zuverlässige Methode der Vermessung mit der Bussole ist die Perimetermethode. Soll also eine gebogene oder gebrochene Linie aufgenommen werden, so nimmt man Aufstellungen in jedem zweiten Bruchpunkt der Linie, ermittelt für die Richtung rückwärts und die vorwärtsliegende das Azimuth, trägt die Richtung auf dem linirten Papier mit Hülfe des Transporteurs graphisch auf, misst die Länge der beiden nun ihrer Richtung nach festgelegten Winkelschenkel und trägt sie in dem Massstabe, welcher für die Vermessung gefordert ist, auf dem Papier mittelst Zirkels ab. Durch Wiederholung dieses Verfahrens kann eine beliebig lange Linie, z. B. Weg, Minengang, Bach etc. mit Leichtigkeit und Schnelligkeit vermessen werden.

§ 265. Soll eine ebene Fläche aufgenommen werden, z. B. ein See, ein Wald, so wird deren Umfanglinie nach denselben Principien vermessen und hat man dann am letzten Stationspunkt durch das Einpassen der letzten Richtung auf die erste Richtung des ersten Stationspunktes eine Controlle.

Es ist aber bei der Veränderlichkeit der Declination, natürlich wo es irgend geht, eine Controlle der Nadel vorzunehmen. Bleibt man längere Zeit in ein und demselben Terrainabschnitt, so mag man sich entweder zu diesem Behufe eine Mittagslinie abstecken, oder irgend eine andere Linie, deren Azimuth ab und zu beobachtet wird. So lange die Nadel dasselbe Azimuth angiebt, zeigt sie zuverlässig richtig.

§ 266. Theoretisch wäre es wohl auch möglich, mittelst der Abschneidemethode von den Endpunkten einer gemessenen Basislinie aus durch sogenannte Netzlegung Punkte ausserhalb jener Basis durch Messung der Basiswinkel festzulegen. Praktisch zeigt sich dies Verfahren aber gewöhnlich, namentlich auf weitere Entfernungen, wie 200 Meter, unzulänglich.

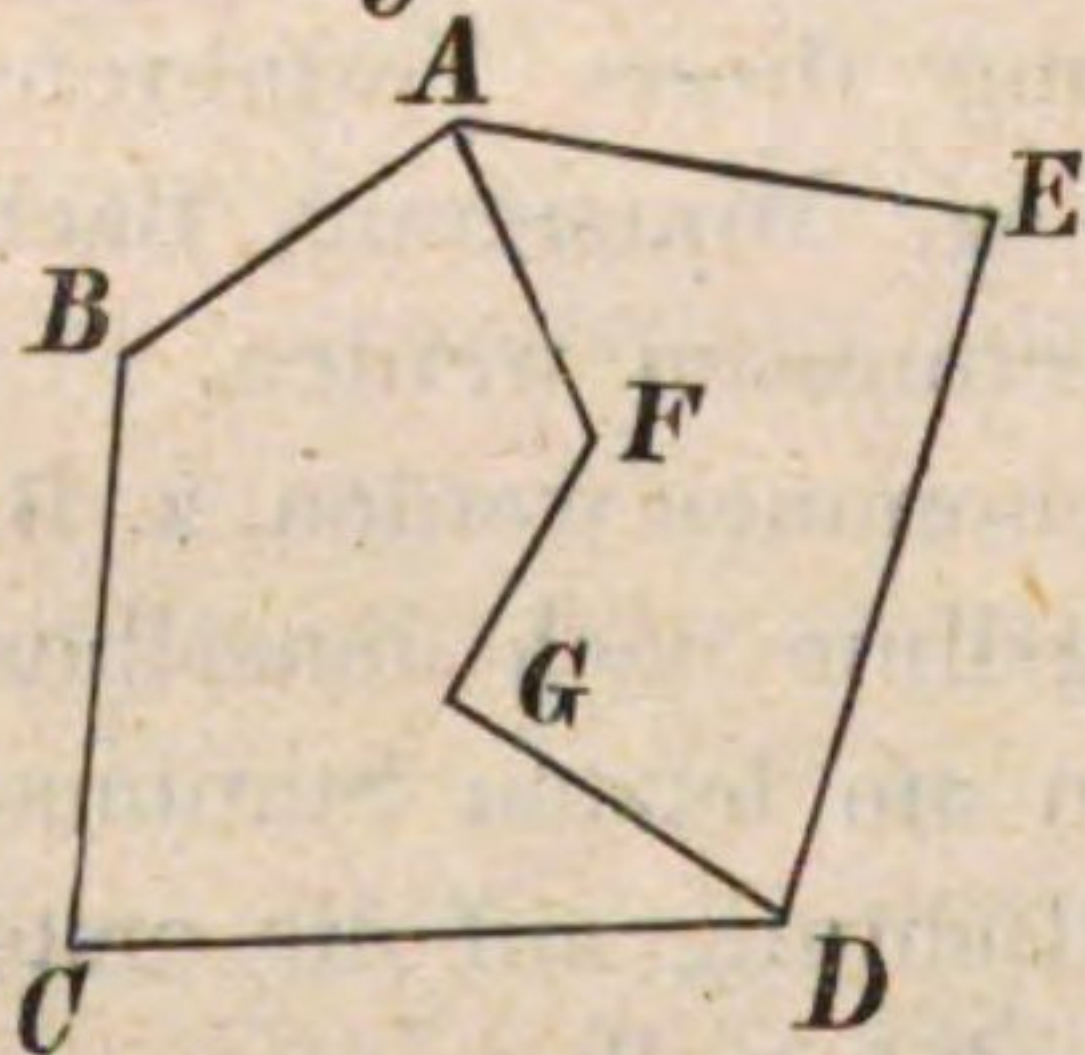
§ 267. Analog dem hat man sich auch oft damit abgegeben, zu beweisen, dass man seinen Stationspunkt mit Hülfe

der indirecten Operation des Rückwärtseinschneidens nach zwei und drei Punkten festlegen könne; aber auch dies ist unsicher, selbst auf kleine Distanzen (wie im IX. Abschnitt bewiesen wird).

Beispiel zur flüchtigen Vermessung einer Fläche.

§ 268. Ganz brauchbar ist eine Bussole zum flüchtigen Aufnehmen oder Croquieren in unübersichtlichem Terrain. Z. B. Es soll der Wald $ABCDE$ und der dadurch führende Weg $AFGD$ croquirt werden. (Fig. 136.)

Fig. 136.



Es werden die Stücke AB , BC etc., sowie AF , FG , GD abgeschritten. Aufstellungen nimmt man in A , woselbst die Azimuthe AB , AF , AE ermittelt werden, schreitet dann AB und BC ab, nimmt zweite Station in C , misst die Azimuthe CB und CD , schreitet CD und DG ab, nimmt Aufstellung in G , misst dort die Azimuthe FG und GD , schreitet FG und AF , dann AC und CD ab und nimmt die letzte Auf-

stellung in D , um die Azimuthe DE und zur Controlle noch einmal GD und CD zu messen, so ist in der kürzesten Zeit, ohne einen Weg doppelt zu machen, die Figur geometrisch bestimmt. Die graphische Bestimmung kann nunmehr entweder gesondert im Quartier geschehen, oder man trägt auf den Stationen gleich das Gemessene auf. Das Verfahren des Auftragens ist zu einfach, als dass es erörtert werden müsste. Man muss nur die Azimuthe richtig von Norden rechts herum auftragen. Das ist die Hauptsache.

VIII. Abschnitt.

Spiegelinstrumente.

Erstes Kapitel.

Katoptrische Elemente.

Spiegel.

§ 269. Die Construction eines Spiegels ist bekannt: eine auf beiden Seiten eben, beide Seiten parallel geschliffene, gut polirte, geschmirgelte Glastafel, farblos, ohne Gallen und Blasen, ist auf der einen Seite mit Quecksilberamalgam so belegt, dass dasselbe eine völlig glatte, an die Ebene des Glases sich anschmiegende Ebene darstellt. Diese glatte Fläche hat, wie fast jede polirte Metallfläche, die Eigenschaft, die sie treffenden Lichtstrahlen zurückzuwerfen (zu reflectiren). Das Glas darüber ist, streng genommen, nur der Schutz des Quecksilberamalgams. Man würde blosser Metallspiegel anwenden, wenn sie nicht vor der Einwirkung atmosphärischer und mechanisch zerstörender Kräfte zu wenig geschützt wären. Silber z. B. ist nicht constant spiegelrein zu halten. Flüssiges Quecksilber wendet man als horizontale Spiegelfläche wohl an, aber auch selten ohne Glasbedeckung, und seine Reinhaltung kostet viel Mühe, auch zerfliesst es bei Umstossen zu leicht.

§ 270. Angenommen, dass das Spiegelglas völlig eben und beide Seiten parallel zu einander sind, so findet die Reflexion nach folgenden Sätzen statt:

1. Der Ausfallswinkel eines von einer Spiegel-
fläche reflectirten Strahls ist gleich dessen
Einfallswinkel, d. h. wenn man in dem Punkt, wo
der von einem leuchtenden Objectpunkt ausgehende Strahl
die Spiegelfläche trifft, ein Loth auf derselben errichtet,
das Einfallslot, so ist der Winkel, den der reflectirte,
den Spiegel verlassende Strahl mit dem Einfallslot bildet,
gleich demjenigen, welchen der einfallende Strahl
mit dem Lothe bildet.
2. Das Loth und die beiden Winkelebenen liegen
in einer zu der Spiegelfläche senkrechten
Ebene, der Reflexionsebene.

Streng genommen ist der Gang des Lichts von einem
Punkte aus auf die Spiegelfläche und weiter derart, dass

- a) ein Theil der Strahlen, an der äusseren Glasfläche ange-
langt, nach dem Brechungsgesetz des Glases $\sin z = n \sin z'$
abgelenkt, nun bis zur Amalgamfläche hindurchdringen,
von dieser unter dem Einfallswinkel des letzten Wegtheils
reflectirt, durch das Glas abgesendet werden, und beim
Heraustreten an die Luft dieselbe Brechung, wie beim
Eintreten in das Glas, nur in entgegengesetztem Sinne, er-
leiden. (Hierdurch bleibt natürlich der Satz ad 1 un-
verändert bestehen.) Es ist dann ein durch das Amal-
gam erzeugtes helles Spiegelbild des Objects durch das
Auge zu bemerken, wenn es in der Richtungslinie der
Ausfallsstrahlen steht und in derselben nach dem Spiegel
blickt ;
- b) ein anderer Theil der Strahlen trifft senkrecht über dem
Reflexionspunkt im Amalgam die Oberfläche des Glases
und wird, ohne bis zum Amalgam zu gelangen, von der
Glasfläche selbst reflectirt, bildet daher ein vom Auge
in der Richtungslinie des Ausfalls bemerkbares schwaches
Spiegelbild des Objects neben dem eben genannten hellen
Bilde ;
- c) ein Theil der erstgenannten Strahlen tritt nicht aus dem
Spiegelglase heraus an die Luft, sondern wird an der
Oberfläche des Glases nach der Amalgamfläche zurückre-

flectirt, tritt also, nach dreifacher Reflexion innerhalb des Glases, endlich an die Luft. Andere Strahlen werden noch öfter im Glase selbst reflectirt. Hierdurch entsteht die Bildung eines dritten, vierten etc., allerdings noch schwächeren Nebenbildes.

3. Die Helligkeit des Spiegelbildes ergiebt sich also aus der Differenz zwischen der Helligkeit des Objects minus der der Nebenbilder.

Hieraus beweist sich auch die Abnahme der Helligkeit von Spiegelbildern, welche durch mehrfache Reflexion von mehreren Spiegeln dem Auge zugeführt werden, je nach der Anzahl der Spiegel.

Die drei erwähnten Bilder liegen für das gewöhnlich ziemlich dicht am Spiegel befindliche Auge des Beobachters um so näher zusammen, je dünner das Glas und je weiter das Object entfernt ist. Ist dasselbe sehr (oder ∞) weit entfernt, wie für die Beobachtungen, welche wir anzustellen haben, verhältnissmässig anzunehmen, so fallen die Nebenbilder der ersten Art ganz mit dem Hauptbilde zusammen. Dann ist also die Dicke irrelevant, und man kann ruhig starkes Spiegelglas anwenden.

4. Senkrecht einfallendes Licht wird senkrecht zurückgeworfen und das Bild relativ am hellsten. Es wird aber niemals die ganze Lichtmenge des Objects zurückgestrahlt.

§ 271. Ist ein Spiegel nicht parallel geschliffen, sondern prismatisch [d. h. die beiden Ebenen bilden einen, wenn auch sehr kleinen Winkel], so ist dies daran zu erkennen, dass auch bei weiterer Entfernung des Objects (z. B. eines Sterns) mehrere Nebelbilder der ersten Art entstehen. Es werden also mehr Lichtstrahlen auf diese Weise auf Kosten der Helligkeit des Hauptbildes absorbirt, wie wir dies bei jedem schlechten Spiegelglase auch thatsächlich beobachten können.

Der Spiegel ist gut, wenn er scharf begrenzte unverzerrte helle Bilder ohne viel Nebenbilder erzeugt, während man auf

einige weit entfernte helle Punkte oder Figuren (am besten Sternbild) visirt.

Glasprismen.

§ 272. Das gewöhnlich gebrauchte Glasprisma ist ein dreiseitiges, dessen Querdurchschnitt ein rechtwinkliges gleichschenkliges Dreieck bildet.

Der Lichtstrahl passirt dieses Glas nach folgenden Gesetzen (nach Bauernfeind):

»Wenn ein Lichtstrahl, der in ein Glas eingedrungen ist, eine Wand desselben unter einer Richtung trifft, die — nach Erfahrung — mehr als $41^{\circ} 48'$ zu dem Einfallslot auf die Wand geneigt ist, so wird er nicht herausgelassen, sondern von der Wand zurückgeworfen, als ob er auf eine vollkommene Spiegelebene getroffen wäre. Diese Erscheinung heisst Totalreflexion oder Gesammtrückstrahlung des Lichts.«

Hieraus folgt zunächst, dass das Spiegelbild völlig hell und einheitlich erscheint, weil kein Strahl absorbiert wird.

§ 273. Die Richtung, unter welcher der total reflectirte Lichtstrahl das rechtwinklig gleichschenklige Glas verlässt, ergibt sich

1. aus dem Unterschiede, ob er in dem Glase nur einmal eine Wand trifft und reflectirt wird, oder zweimal (dies folgt aber aus der Richtung des Einfallsstrahls); und dabei:
2. aus der Richtung des einfallenden Strahls zur Hypothense des Querschnitts.

Im ersten Falle (bei einmaliger Reflexion) wird der einfallende Strahl grade so reflectirt, als wenn er unmittelbar die Hypothenusenfläche als Spiegelfläche getroffen hätte, also Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel. Im zweiten Falle (doppelte Reflexion) wird der ausfallende Strahl rechtwinklig zum einfallenden ausgesendet.

§ 274. Ertel hat ein Prisma construirt, dessen Querschnitt so geformt ist, dass er ein Dreieck bildet, in welchem ein Winkel doppelt so gross ist als ein anderer, so dass die Winkel z. B. 60° , 30° , 90° , oder ähnliche Grössen haben. Bei solchem Prisma findet folgendes Gesetz Anwendung: Ist in einem Prisma ein Winkel $= \varphi$,

ein anderer $= \frac{1}{2} \varphi$, und leitet man einen Lichtstrahl auf den einen Schenkel des Winkels φ so, dass er in dem Glase zweimal reflectirt wird, so tritt er, unter Winkel $180^\circ - \varphi$ gegen den Einfallsstrahl geneigt, aus dem andern Schenkel des Winkels φ heraus. (Fig. 137.)

Beweis.

Bildet $LopqrS$ den Weg des Lichtstrahls, so ist

$$\angle ptq = opq - pqt.$$

Ferner nach dem Reflexionsgesetz:

$$opq = 180^\circ - 2qpB,$$

$$pqt = 180^\circ - 2.pqC,$$

$$\angle qtp = 2(qpB - pqC).$$

Es ist aber

$$qpB - pqC = \frac{\varphi}{2}, \text{ also}$$

$\angle ptq = \varphi$, mithin, weil der Brechungswinkel für LO und Sr derselbe (nämlich $tou = rq$) auch

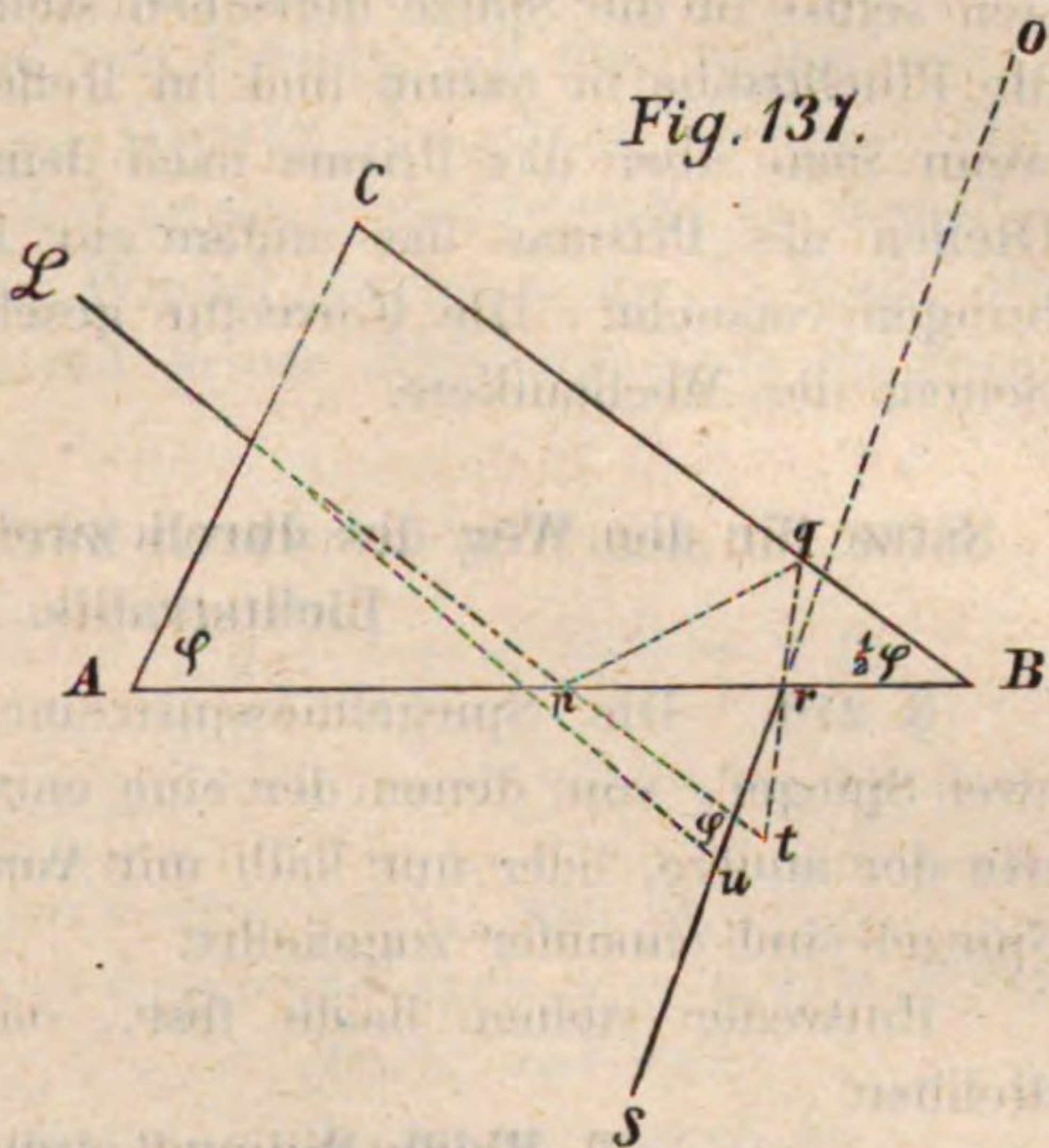
$$\angle LuO = \varphi.$$

Hieraus ergibt sich auch, dass für solches Prisma der Einfallswinkel auf der einen Seite, $\angle LoC$ gleich dem Ausfallwinkel von der andern ist, ArS .

§ 275. Wir können aus Obigem folgern, dass die Prismeninstrumente zu den Spiegelinstrumenten gerechnet werden können.

Die Prüfung der Prismen würde meist Sache des Mechanikers sein, welcher dies mit Hülfe des sog. Reflexionsgoniometers vornimmt.

Fig. 137.



Andernfalls würde man durch Fluchtstäbe den Reflexionswinkel mittelst genauen Instruments im Terrain abstecken, sich selbst in die Spitze derselben stellen und nachsehen, ob die Fluchtstäbe in natura und im Reflexionsbilde sich decken, wenn man über das Prisma nach dem einen sieht und durch Drehen des Prismas das andere zur Reflexion in's Auge zu bringen versucht. Die Correctur geschieht durch Abschleifen Seitens des Mechanikers.

Sätze für den Weg des durch zwei Spiegel reflectirten Lichtstrahls.

§ 276. Die Spiegelmessinstrumente zeigen gewöhnlich zwei Spiegel, von denen der eine entweder nur halb so hoch wie der andere, oder nur halb mit Amalgam belegt ist. Beide Spiegel sind einander zugekehrt.

Entweder stehen beide fest, oder einer derselben ist drehbar.

I. Beide Spiegel stehen fest.

§ 277. Auf dieser Annahme beruht die Construction sogenannter unvollkommener Spiegelinstrumente.

1. Stehen beide Spiegel parallel zu einander, so wird der Strahl aus dem einen Spiegel unter demselben

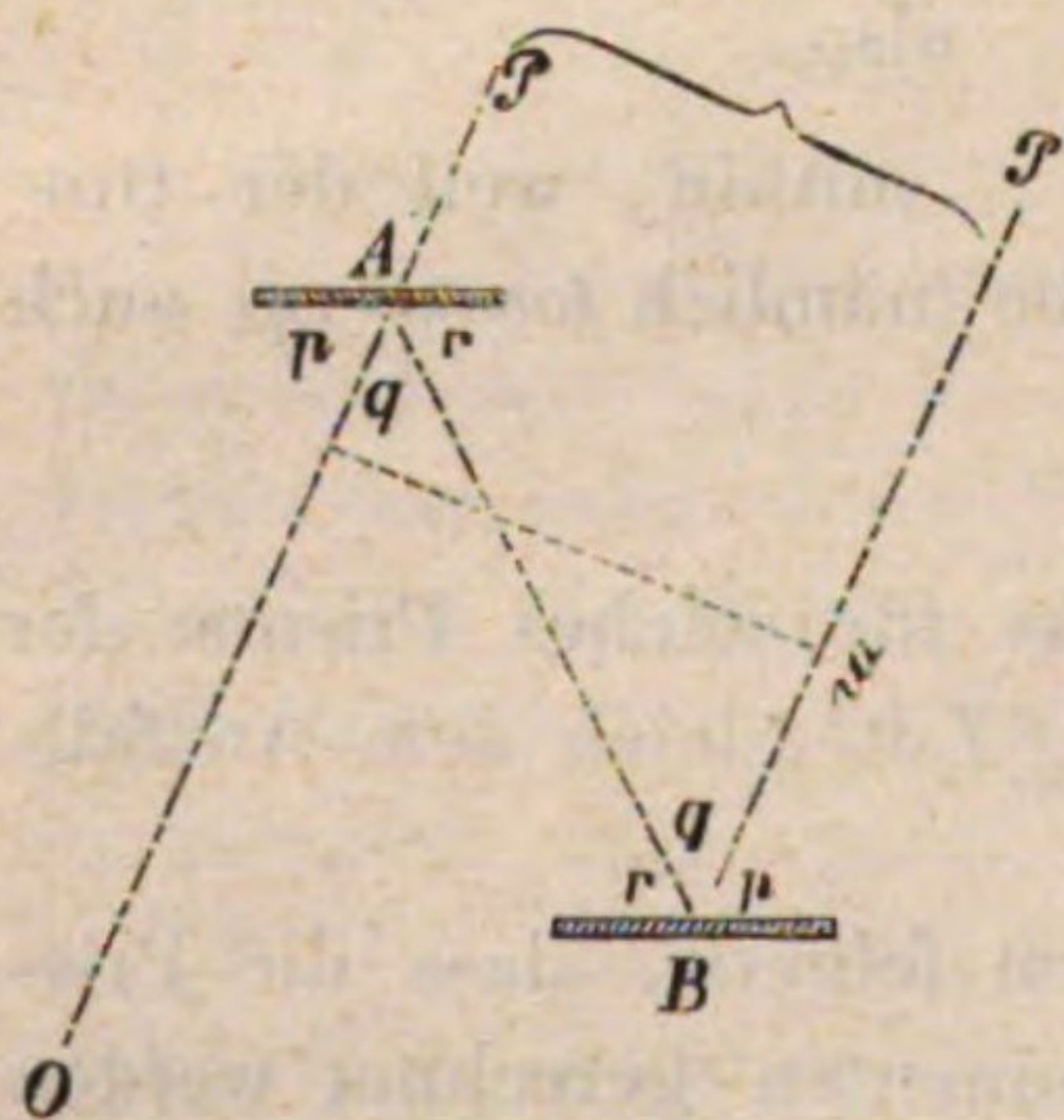


Fig. 138.



Winkel reflectirt, als er in den andern Spiegel eingefallen, oder: der in den einen Spiegel einfallende Strahl ist parallel dem von dem zweiten reflectirten. (Fig. 138.)

2. Sind die beiden Spiegelflächen *A* und *B* unter einem beliebigen Win-

kel *s* (der aber nicht sehr gross sein darf, wegen der sonst mangelhaften Reflexion) zu einander geneigt, so ist nach Fig. 139 Folgendes zu beobachten.

Das Object P fällt unter $\angle w$ auf den einen Spiegel B , wird unter $\angle u$ reflectirt, und dieser reflectirte Strahl fällt unter $\angle r$ in A ein, um dann unter $\angle p$ reflectirt zu werden. Der über B verlängerte Strahl von P bildet mit dem zuletzt reflectirten Lichtstrahl den $\angle o$. Dieser $\angle o$ soll $= 2s$ sein. Das heisst: der Neigungswinkel zweier Spiegelebenen zu einander ist halb so gross als der Winkel, welchen die Richtung des nicht reflectirten Strahls mit seiner Richtung nach doppelter Reflexion bildet.

Beweis:

$$\angle u + s + p + q = o + q + t + u, \text{ weil } = 2R$$

$$p = r \text{ und}$$

$$u = w = t$$

$$u + s + r + q = o + q + 2u, \text{ und da}$$

$$s + r = u + o \text{ [da doch } u + q \text{ sich selbst gleich] und weil}$$

$$r = s + u \text{ als Aussenwinkel, so}$$

$$2s = o.$$

II. Ein Spiegel ist drehbar.

§ 278. Auf dieser Annahme beruht hauptsächlich die Theorie der vollkommneren Spiegelinstrumente.

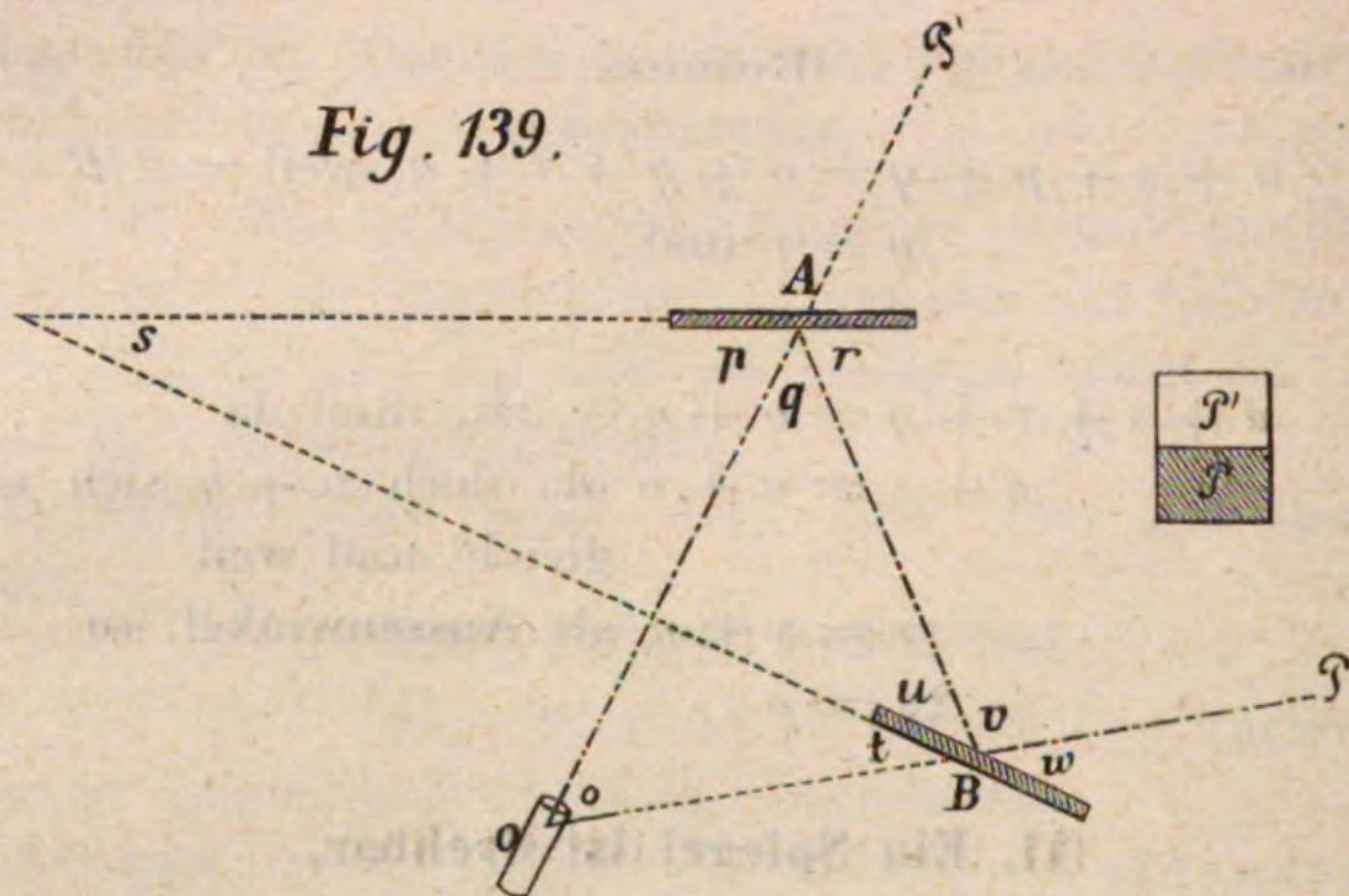
Denkt man sich nämlich den Spiegel B um eine Vertikalaxe drehbar und sieht man von O als Ocular aus über den halbhohen oder halbbelegten aber fest stehenden Spiegel nach einem Object P , so muss

a) wenn beide Spiegel parallel stehen, das Object zweimal in dem halbbelegten Glase zu sehen sein: 1) das wirkliche, 2) das durch drehbaren Spiegel reflectirte Bild des Objects, welches nun unter dem wirklichen in dem belegten Theile sichtbar ist*). (Fig. 138 rechts.)

*) Bei paralleler Lage zweier Spiegel würde man mathematisch genau nur dann dasselbe Object im halbbelegten Spiegel zweimal sehen, wenn die Einfallslothe beider Spiegel gleichzeitig zusammenfielen. Dann müsste in dem ganz belegten Spiegel (Objectivspiegel) ein Ocularloch aus dem

b) Ist der ganz belegte Spiegel B aber gedreht, so sieht man zwei verschiedene Objecte unter einander und zwar 1) ein links liegendes Object P durch den unbelegten Theil des Halbspiegels, 2) ein rechtes Object P' darunter in dem belegten Theil, und zwar bildet der Lichtstrahl vom linken Object — nach dem ad I. 2. erörterten Zusatz — nach dem Auge des Messenden, und der Lichtstrahl vom rechten Object dahin einen Winkel der doppelt so gross ist, als der Winkel, um welchen

Fig. 139.



der belegte Spiegel von der Parallelität mit dem andern abgewichen ist. (Fig. 139 rechts.)

Wenn nun der drehbare Spiegel aufrecht auf einem Radius befestigt ist, welcher in die Verlängerung der Spiegelebene fällt, so muss dieser Radius an einem festen Kreise, in dem

Amalgam ausgekratzt werden müssen, was technisch genommen schädlich wäre. Das Ocular ist vielmehr gewöhnlich so gestellt, dass man etwas schief in den halbbelegten Spiegel (Ocularspiegel) hineinsieht. Dadurch differiren die beiden Einfallslothe mit einem Abstände von wenig Centimetern. Die beiden Visirstrahlen OP und BP treffen also in weiter Ferne zwei verschiedene Punkte, die aber nur um den kleinen verschwindenden Abstand mn auseinanderliegen. (Fig. 138.) Deshalb kann man diesen Fehler vernachlässigen im Sinne des ad IIa erwähnten Satzes, und die Winkelmessung für richtig erachten, der Fehler würde bei mn 5 Cm. und $OP = 500$ M., also 1 : 10000 der Entfernung sein.

er sich dreht, genau den Winkel angeben, unter welchem die beiden Spiegelflächen zu einander geneigt sind. Dieser Winkel wird dann natürlich halb so gross sein, als der Winkel, welchen die Visirlinien vom Auge zu den beiden Objecten in der Natur bilden.

§ 279. Vermöge der durch die obigen Betrachtungen erörterten Eigenschaften wird die Zusammenstellung zweier kleiner Spiegel zu Instrumenten für Winkelmessung in der Vermessungskunst viel angewendet. Namentlich haben schon seit dem vorigen Jahrhundert sich viele Gelehrte und Mechaniker mit der Vervollkommnung der Spiegelinstrumente beschäftigt, so: die Engländer Hadley, Newton, Adams, Ramsden, die Deutschen Brander, Zach, Steinheil, Gauss, Ertel, Breithaupt.

Die Spiegelinstrumente haben die Eigenthümlichkeit, die unter Umständen wichtig und vortheilhaft ist, dass sie leicht in der Hand gehalten und bewegt werden können, dass sie ohne Zeitverlust den augenblicklichen schnell vielleicht sich ändernden Visirwinkel zweier Objecte, auch bei schwankender Basis messen lassen, ohne horizontale Unterlage zu bedürfen. Die Spiegelinstrumente sind daher zum Messen schiefer Winkel geeignet, deren Projection für graphische Darstellung dann auf die horizontale Bildfläche übertragen werden müsste. Ist die Ebene, auf welcher die Spiegel aufgestellt sind, genau horizontal gestellt, so ist man natürlich im Stande Horizontalwinkel zu messen. [Nur ist es in der Wirklichkeit (ausser vielleicht auf dem Meer) selten der Fall, dass der Stationspunkt und die zwei Objectpunkte in einer horizontalen Ebene liegend gefunden werden.] Ebenso wohl ist es möglich Vertikalwinkel zu ermitteln (z. B. die Polhöhe).

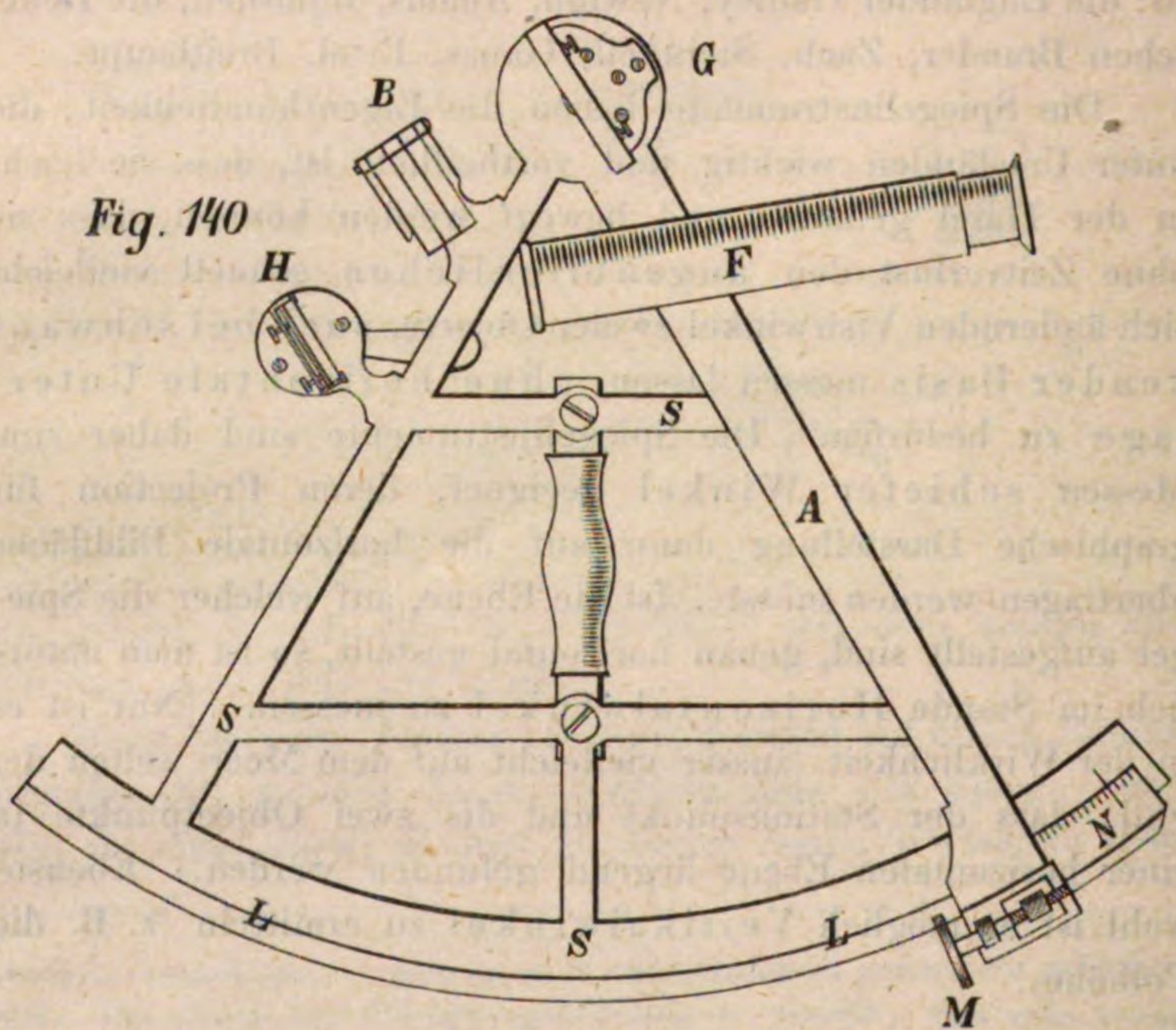
Zweites Kapitel.

Der (20 Cm.) Spiegelsextant. (Fig. 140.)

§ 280. Die Grundlage des Instruments besteht in einem festen Kreissector *S* aus Hartguss, der einen Limbus trägt *L*. Gewöhnlich bildet dieser Sector

einen Sextanten, seltener einen Octanten oder Quadranten eines Kreises. Daher der Name. Die Radiuslänge des Sectors ist verschieden, je nach der Genauigkeit, die man von dem Instrument und der Limbustheilung verlangt. Sie ist für gewöhnliche Zwecke 10 bis 30 Cm. lang, daher man durch die Bezeichnung: 10 Cm. Spiegelsextant gleich den Werth des Instruments kenntlich macht; dann sind auf dem Limbus gewöhnlich noch ganze Grade abgetheilt, bei dem 20 Cm. sind 30 Min. getheilt.

Dieser feste Sector heisst der Körper. Der Leichtigkeit halber ist derselbe nur aus mehreren Balken dargestellt,



die den Bogen halten. Um seine Ebene auf einen Tisch niederzusetzen, ruht er auf drei Füßen. Ferner ist zu leichter Handhabung unter der Fläche ein Griff angeschoben.

[Ist das Instrument sehr schwer, oder zu besonders genauen Arbeiten zu benutzen, so setzt man es auf einen Stativständer, mit dem es durch Kugelgelenk verbunden ist.]

Im Kreismittelpunkt findet eine Alhidade A (d. i. Zeiger), oder Radius von Messing ihren Pivotpunkt. Die Drehung der Alhidade kann am Limbus festgeklemmt und eventuell mittelst Mikrometerschraube M bewegt werden und ist dann mittelst Nonius N auf eine Minute genau abzulesen.

Auf dem Pivottheil P der Alhidade ist ein ganz belegter Objectivspiegel G senkrecht zum Körper so befestigt, dass er jede Drehung der Alhidade mitmacht. (Fig. 141. 142.)

Der Spiegel hat etwa 5 Cm. Breite und 3 Cm. Höhe, sein Glas muss den bereits besprochenen Anforderungen genügen. Die vertikale Mittellinie desselben muss in die Drehaxe der Alhidade fallen. Die Befestigung des Spiegels auf dem kreisförmigen Pivot der Alhidade geschieht dadurch, dass man das rechtwinklig abgebogene Messingplättchen M mittelst der Schraubchen a, b, c, d auf die Pivotfläche schraubt; die Schrauben a, b, d dringen in die Pivotfläche ein, die c nicht, son-

Fig. 141.

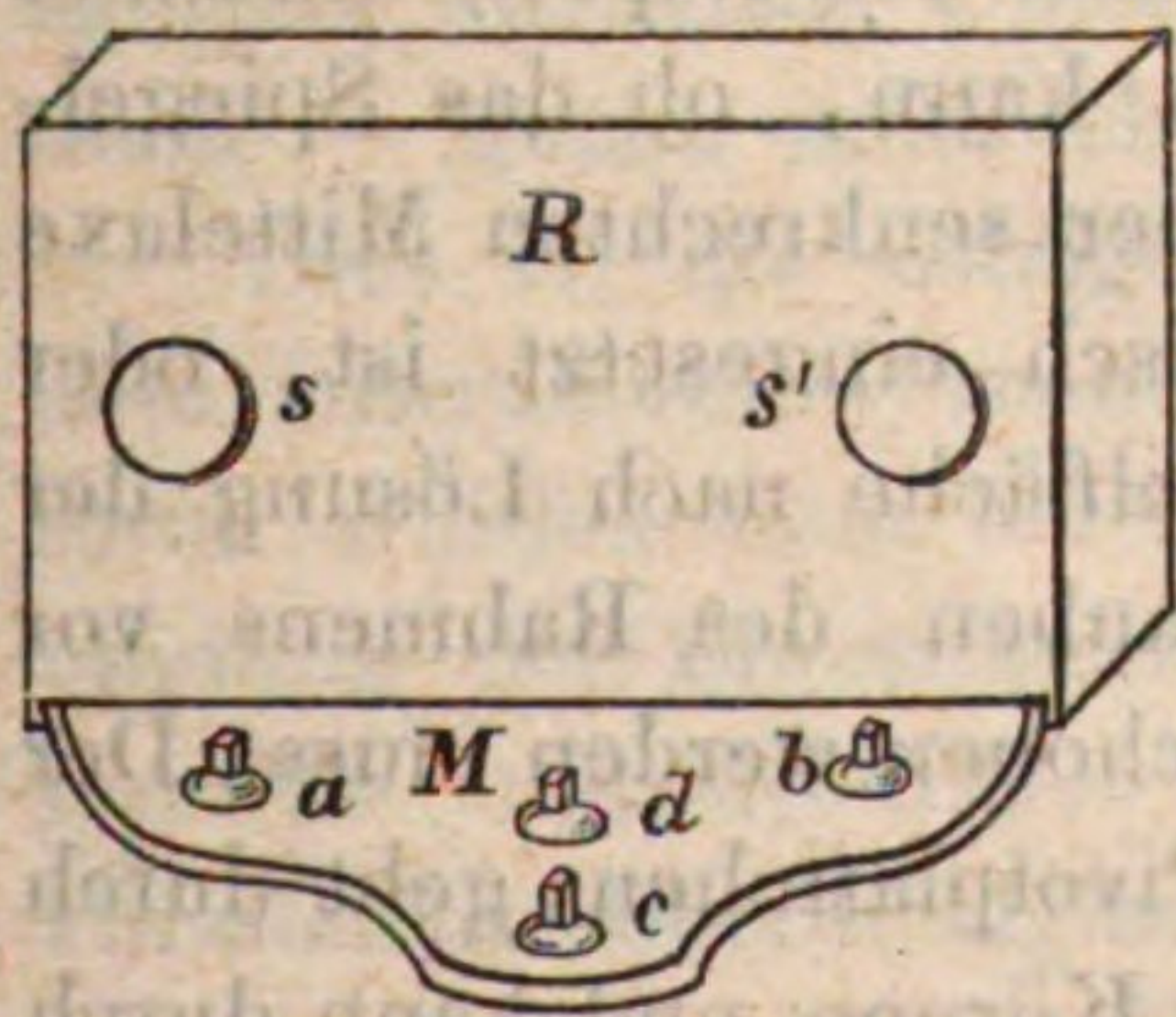
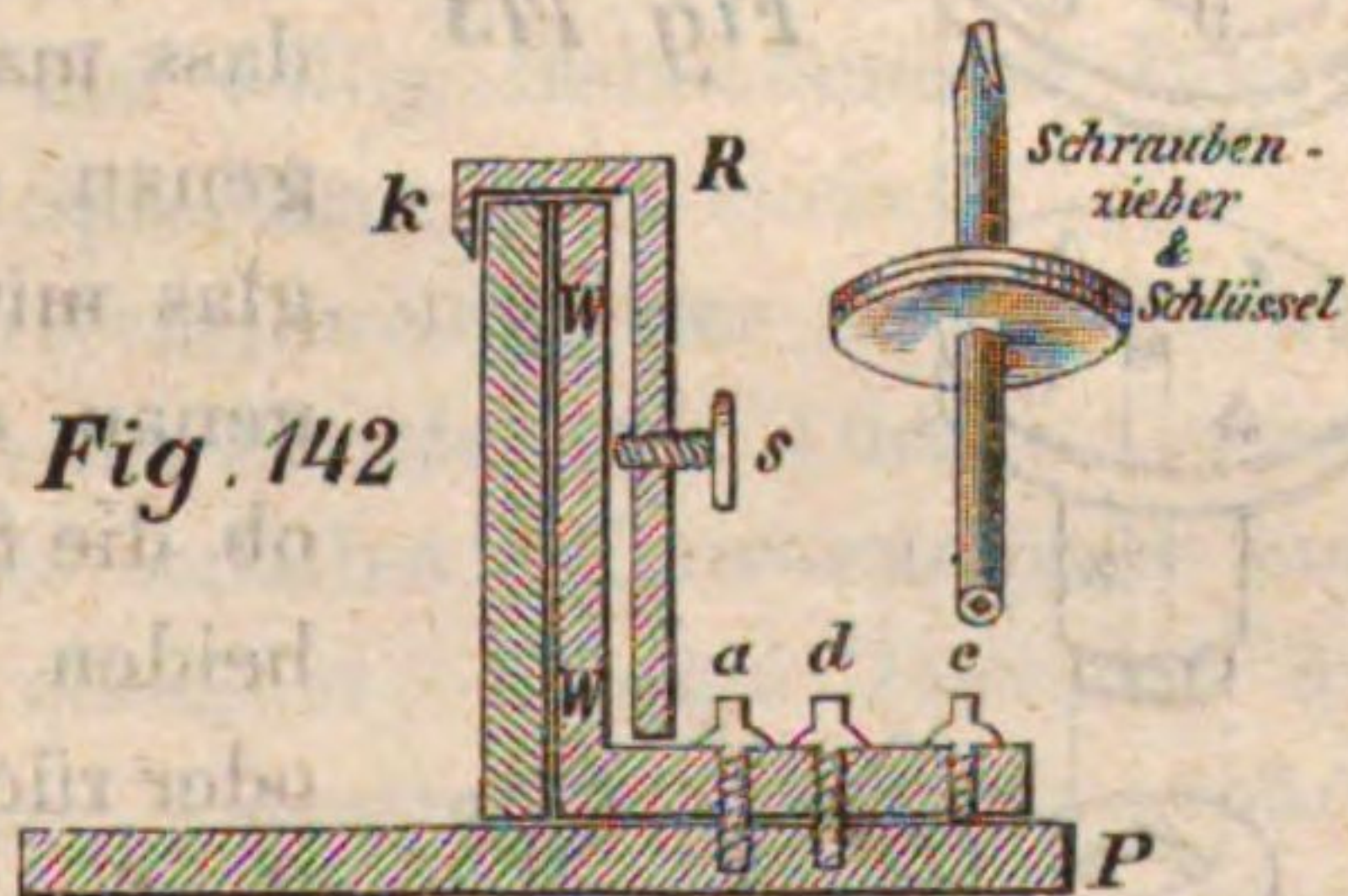


Fig. 142



dern liegt nur auf; so ist es möglich, durch Gegenwirkung von c gegen a und b der vertikalen Wand W eine gut rechtwinklige Stellung zum Körper zu geben. Die Schraube d befestigt dann gewissermassen als Klemmschraube die durch die Stellschraube c corrigirte Lage. An die Wand W legt sich nun der Spiegel mit seiner Amalgamfläche dicht an; um diese Stellung fest zu erhalten, wird die Rahmenkapsel R über Spiegel und Rückwand gelegt, und ersterer nun mittelst der

Krampe k , vorn an den Seiten und oben, und der beiden Schraubchen ss' hinten, gegen die Rückwand gedrückt.

Ein halbbelegter Ocularspiegel H (Fig. 140) befindet sich dem Objectivspiegel schräg gegenüber auf einem Balken des Körpers. Derselbe ist circa 3 Cm. hoch, 2 Cm. breit und auf einem kreisrunden, 2,5 Cm. kreisförmigen Trageplättchen vertikal befestigt, in derselben Art wie der Objectivspiegel.

Das Trageplättchen (Fig. 143) wird mittelst zweier Schraubchen s, s' vor und hinter dem Spiegel auf einem Pivotplättchen P mit 2 senkrechten Stahlkegelchen gehalten mittelst zweier Schraubchen, durch deren Gegeneinanderwirken der Spiegel also auf dem Körper vertikal stellbar ist. An das Pivotplättchen ist

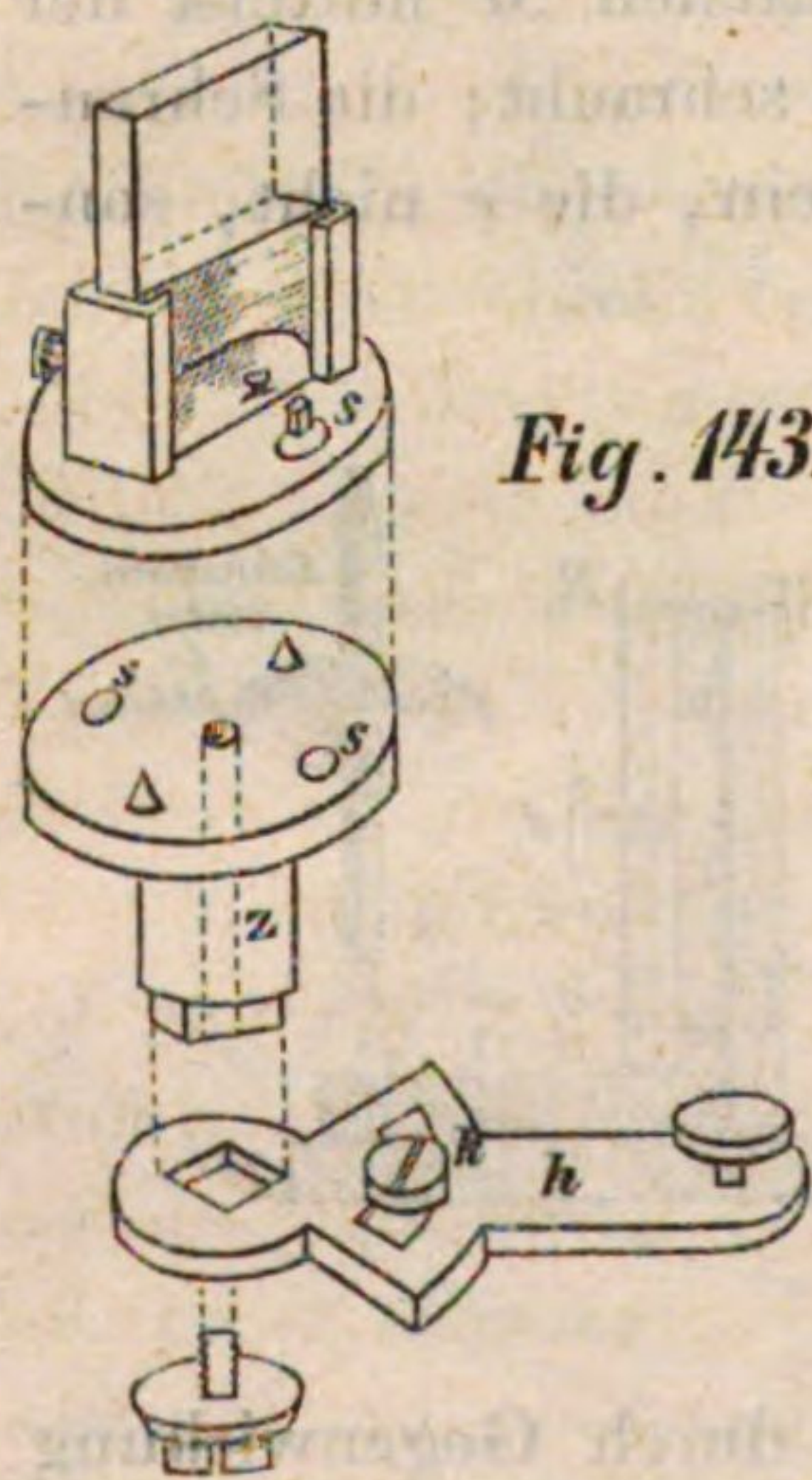


Fig. 143.

unten ein Vertikalzapfen Z angegos-
sen, mittelst dessen schliesslich der
Spiegel in horizontalem Sinne auf dem
Körper drehbar wird. Zapfen, Pivot,
Platte und Trägerplättchen, sind im
Nullpunkt senkrecht durchbohrt, so
dass man durch den Zapfen hindurch
genau sehen kann, ob das Spiegel-
glas mit seiner senkrechten Mittelaxe
genau centrisch eingesetzt ist, oder
ob die Spiegelfläche nach Lösung der
beiden Schrauben des Rahmens vor
oder rückgeschoben werden muss. Der
Zapfen des Pivotplättchens geht durch
ein Loch des Körpers und kann durch
den Hebel h gedreht werden, der
wiederum durch die Klemmschraube k
festgestellt wird.

Dem Ocularspiegel (Fig. 140) gegenüber ist auf
einem durch Schraube zu erhöhenden und verkür-
zenden prismatischen Ständer, ein Fernrohr F mit
Vertikalfaden [der auch zur Controlle dient, ob die beiden
Bilder im Ocularspiegel senkrecht übereinander stehen] fest

angebracht, dessen Visirebene mit der vertikalen Mittellinie des Ocularspiegels zusammenfällt.

Zum Abblenden des Lichts, namentlich bei Visirung auf die Sonnenscheibe, sind vor den Spiegeln Blendgläser *B* in dunkler Färbung angebracht (braun, grau, grün), welche durch Charnier auf und nieder bewegt werden. (In Fig. zusammengeklappt.)

Der Nullpunkt des Nonius an der Alhidade und der des Limbus sind so eingravirt, dass, wenn sie beide zusammenfallen, die Spiegelflächen genau parallel stehen müssen, dass nämlich ein durch den Vertikalfaden des Fernrohrs anvisirtes Object im Ocularspiegel senkrecht unter dem wirklich gesehenen Bilde desselben erscheint.

Sollte später beim Gebrauch des Instruments die Parallelität der Spiegel bei Stellung *O* auf *O* des Limbus und Nonius sich nicht einstellen, so dient zur Correctur eine kleine Drehung des Ocularspiegels mit Hülfe des Hebels (der auch durch Schraube ohne Ende ersetzt werden könnte) so lange bis ein vom Vertikalfaden durch den unbelegten Theil des Ocularspiegels anvisirtes Object — bei völlig feststehendem Instrument — genau senkrecht im Spiegeltheile erscheint.

Dies ist die einzige Correctur, welche der Beobachter an dem Instrument vorzunehmen im Stande ist. Andere Correcturen würden dem Mechaniker zufallen. Unwandelbare Verbindung der Einzeltheile zu einander, richtige Theilung des Limbus und Nonius, richtige Construction des Fernrohrs, Parallelität des Blendglases sind natürlich vorausgesetzt; ebenso genaue Centrirung der Drehaxen der Alhidade und des Objectivspiegels. [Die Genauigkeit des Limbus muss mit der Genauigkeit der Visirung im logischen Verhältniss stehen. Sind die Zielobjecte für die Spiegel nicht sehr scharf und fein, als mathematische Punkte gewählt, ist der Standpunkt der beiden Bilder im Ocularspiegel übereinander nicht sehr scharf zu controlliren, so ist ein genauer Limbus oder gar Nonius Illusion für die Winkelmessung.]

Der Spiegelsextant ist von Newton (1642—1727) erfunden.

§ 281. Der **Gebrauch** des Sextanten ist einfach. Um einen Winkel zu messen, hält man das Instrument mit der linken Hand am Griff fest. Dann visirt man durch das Fernrohr nach dem linken Object, Endpunkt des Schenkels, und bewegt mit der rechten Hand den Radius mit dem ganz belegten Spiegel so lange auf dem Limbus auf und ab, bis in dem belegten Theile des Ocularspiegels das rechts liegende Object, Endpunkt des Schenkels erscheint. Dies fixirt man dann mit Hülfe der Mikrometerschraube am Nonius so, dass es genau senkrecht unter dem direct gesehenen Object erblickt wird. Nun liest man an dem Limbus die Gradzahl ab, welche der Index zeigt. Da nun diese eigentlich immer verdoppelt werden muss, so sind der Bequemlichkeit bei der Messung wegen alle Grade auf dem Limbus mit ihrem doppelten Werth bezeichnet.

§ 282. Die **Prüfung** des Instruments in Bezug auf Parallelität der Spiegel muss vor jedem Gebrauch stattfinden. Die Berichtigung findet an einem möglichst weiten, scharf zu pointirenden Object statt.

Auf nähere Entfernungen würde nun dennoch eine Bildbedeckung bei Stellung des Index auf 0 nicht genau stattfinden, d. h. es tritt eine Parallaxe des Instruments ein, um so grösser, je mehr die Visirlinie des Fernrohrs von der senkrechten zur Ocularspiegelebene abweicht, weil die Strahlen vom Ocular zum Object und vom Objectivspiegel zum Object eben nur auf das bei der Prüfung angewendete weite Object (Stern) zur Convergenz gebracht sind. (Ist dieser Stern nun Billionen Meilen weit, so ist der Winkel, um den der Ocularspiegel von der Parallelität abweicht, so klein, dass er $= 0$ zu erachten.) Bei terrestrischen Messungen ist der Fehler der Parallaxe zu vernachlässigen, und der Winkel, den der Index angiebt, als richtig anzunehmen.

Bei feineren Messungen, astronomischen Arbeiten, müsste aber die Parallaxe berücksichtigt werden. Die Bilder würden nämlich offenbar durch eine sehr unbedeutend zu grosse oder zu kleine Drehung der Alhidade zum Zusammenfallen gebracht werden. Dieses $+$ oder $-$ an Drehung ist auf weite Entfer-

nungen kleiner, auf nähere grösser. Es kann mathematisch festgestellt werden für jedes einzelne Instrument auf die verschiedenen Entfernungen. Kennt man also dieselbe, so könnte man aus einer Tabelle den Winkelfehler entnehmen und in Rechnung bringen. Das ist aber selten der Fall.

§ 283. Die **Winkel**, welche mit diesem Instrument, wie mit allen Spiegelinstrumenten gemessen werden, sind die in der Natur erscheinenden und für topographische Zwecke müsste die Projection also erst aus ihrer Neigung zum Horizont gefunden und dann mittelst Transporteurs aufgetragen werden. Aber diejenigen topographischen Arbeiten, in wenig bergigem Terrain, die mit Spiegelinstrumenten vorgenommen werden, erheischen im Allgemeinen keine solche Genauigkeit, dass kleine Abweichungen des schiefen natürlichen Winkels von seiner Projection ins Gewicht fielen. Wenn daher der natürliche Winkel nicht zu bedeutende Neigung hat — was durch praktische Auswahl der Objectpunkte vermieden werden kann — so mag man ohne Bedenken den natürlichen Winkel für die Projection nehmen.

§ 284. **Böschungswinkel** werden mit dem Sextanten bei terrestrischen Messungen nicht gemessen. Ueberhaupt ist er für terrestrische topographische Arbeiten veraltet, durch bessere Instrumente ersetzt. Für astronomische und nautische Zwecke dagegen ist er noch vielfach im Gebrauch, obgleich die Marinen der meisten Länder jetzt ein verbessertes Spiegelinstrument, den Prismenkreis, eingeführt haben. Um die **Polhöhe**, also geographische Breite eines Punkts auf der See zu finden, muss der Sextant als Vertikalwinkelmesser, in Verbindung mit einer horizontalen Fläche gebraucht werden, welche den horizontalen Schenkel des Böschungswinkels bildet. Der Seemann findet den horizontalen Schenkel in der Meeresoberfläche, der geböschte Schenkel ist die Richtungslinie vom Stationspunkt nach dem culminirenden bekannten Polarstern oder der Sonne. Er richtet daher, den Sextantenkörper lothrecht haltend, mit der rechten Hand das Ocular auf den Polarstern und dreht die Alhidade mit dem Objectivspiegel so lange, bis der scheinbare Endpunkt der Meeresfläche im bedeckten

Theil des Ocularspiegels reflectirt erscheint, und liest dann den Winkel am Nonius und Limbus ab, der die geographische Breite giebt.

Um auf der Erde, wie dies Seitens der in fremden Erdtheilen reisenden Geographen oft geschehen muss (welche sich nicht mit schweren Instrumenten schleppen können), die geographische Breite aus der Polhöhe eines Punktes zu finden, wird die horizontale Ebene durch einen künstlichen Horizont erzeugt. Dieser besteht in einer flachen Schale (die fast bis zum Rande mit geschwärztem Oel oder mit Quecksilber gefüllt ist und mit einem Glasdeckel wohl verschlossen ist. Diese wird mittelst dreier Stellschrauben (ähnlich wie ein Justirbrett) horizontal gestellt. Das Visiren geschieht, während man das Instrument vertikal über dem Horizonte hält, in der Weise, dass man mit dem Ocular durch den unbelegten Theil des Ocularspiegels auf die Oberfläche des Horizonts visirt und das dort erscheinende Spiegelbild des bekannten Sterns als linkes Object festhält, während die Alhidade mit dem Objectivspiegel so lange gedreht wird, bis der Stern selbst durch die doppelte Reflexion durch den belegten Theil des Ocularspiegels dem Auge zugeführt wird. Man erhält dann — unter Anrechnung des Fehlers der Höhenparallaxe, die durch die Entfernung des Quecksilberhorizonts vom Sextanten folgt, die doppelte Grösse des zu messenden Winkels φ , der Polhöhe.

§ 285. Bei seinen Messungen muss φ um mehrere Grössen corrigirt werden: 1. Zum Finden der Polhöhe reicht dann einmaliges Visiren nach dem Polarstern nicht aus, der bekanntlich selbst Circumpolarstern — $1^{\circ} 24'$ vom Pol — ist. Es muss also zur Zeit der beiden Culminationen der Höhenwinkel, ψ und ψ' , abgelesen und dieser jedesmal 2. um den Fehler der Refraction R (Bessel'sche Tafeln) corrigirt werden, so dass die Polhöhe $\varphi' = \frac{1}{2}[(\psi - R) - (\psi' - R')]$ würde. Dies muss aber noch 3., weil φ' nicht geocentrisch ermittelt, sondern auf das den Erdmittelpunkt doch nicht treffende Loth des Standpunkts bezogen, um eine Grösse $\beta = 687 \sin 2\varphi'$ (worin 687 constant) corrigirt werden, so dass daher:

$$\varphi_0 = \frac{1}{2}[(\psi - R) - (\psi' - R')] - 687 \sin[(\psi - R) - (\psi' - R')] \text{ Secunden.}$$

— 4. Die Höhenparallaxe γ (nämlich Winkel zwischen den Linien Sextant-Object und Quecksilberhorizont-Object wird durch die For-

mel $\sin \gamma = \frac{d}{a} \cos \frac{\delta}{2} \sin \delta$ für nahe, und $\gamma = \frac{2 d \sin \frac{1}{2} \delta \cos^2 \frac{1}{2} \delta}{a \sin 1''}$ Sekunden für weite Objecte ermittelt, so dass dann (nach Bauerfeind) der Höhenwinkel $\varphi = \varphi_0 + \frac{\gamma}{2}$ endlich der richtige würde. (In der Formel für γ ist d die Distanz des Sextanten vom Quecksilberhorizont, $a = e \cos \varphi_0$ worin wieder e die Entfernung des Objects vom Quecksilberhorizont, d der Winkel zwischen den Linien Sextant-Object und Sextant-Quecksilberhorizont.)

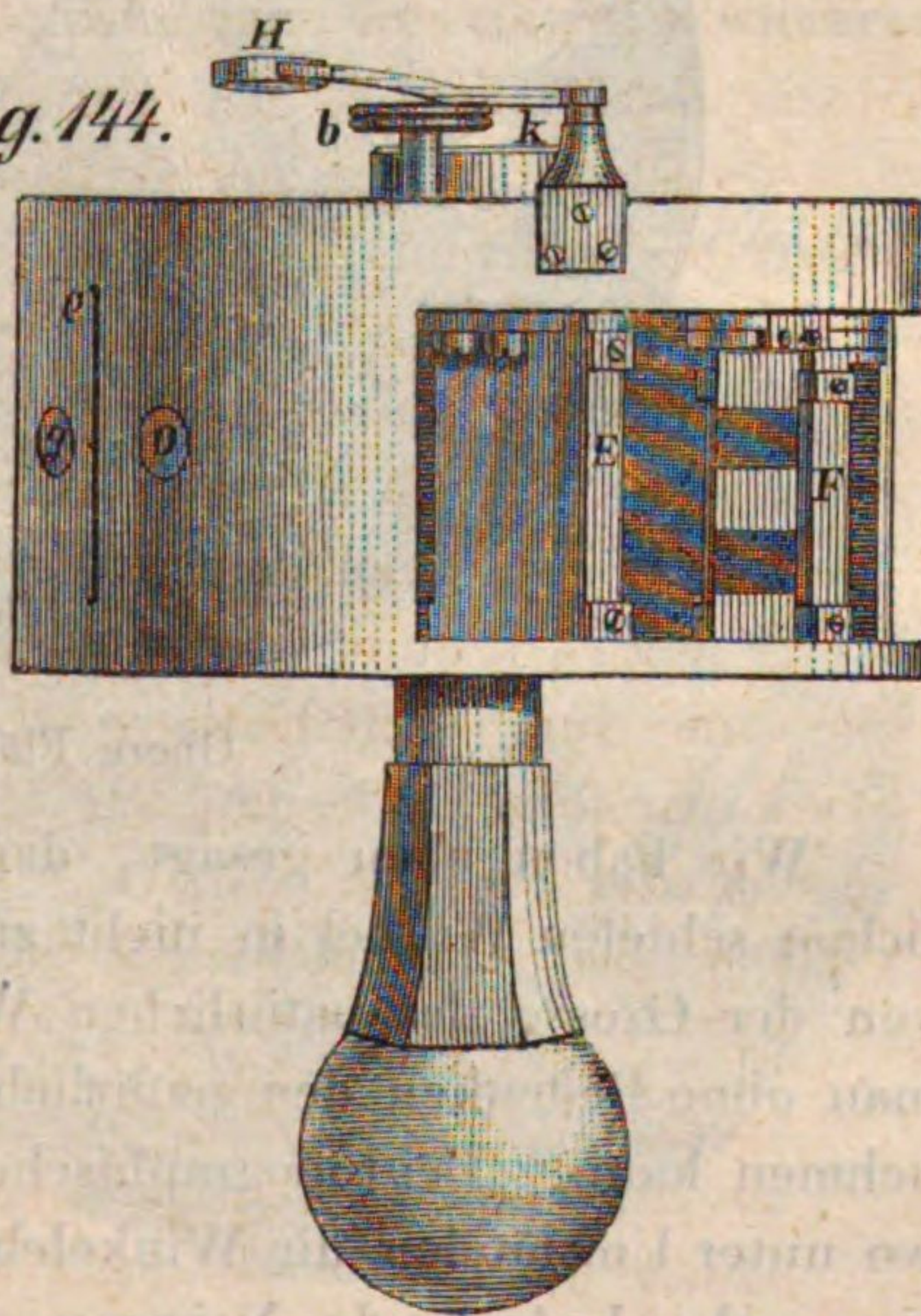
Auf sehr weite Entfernungen ist übrigens γ in der Regel zu vernachlässigen.

Der englische Dosensextant, verbessert durch F. Breithaupt.

§ 286. Der Sextant hat in englischen Constructionen eine sehr praktische Form unter der Bezeichnung Dosensextant erhalten. (Fig. 144.)

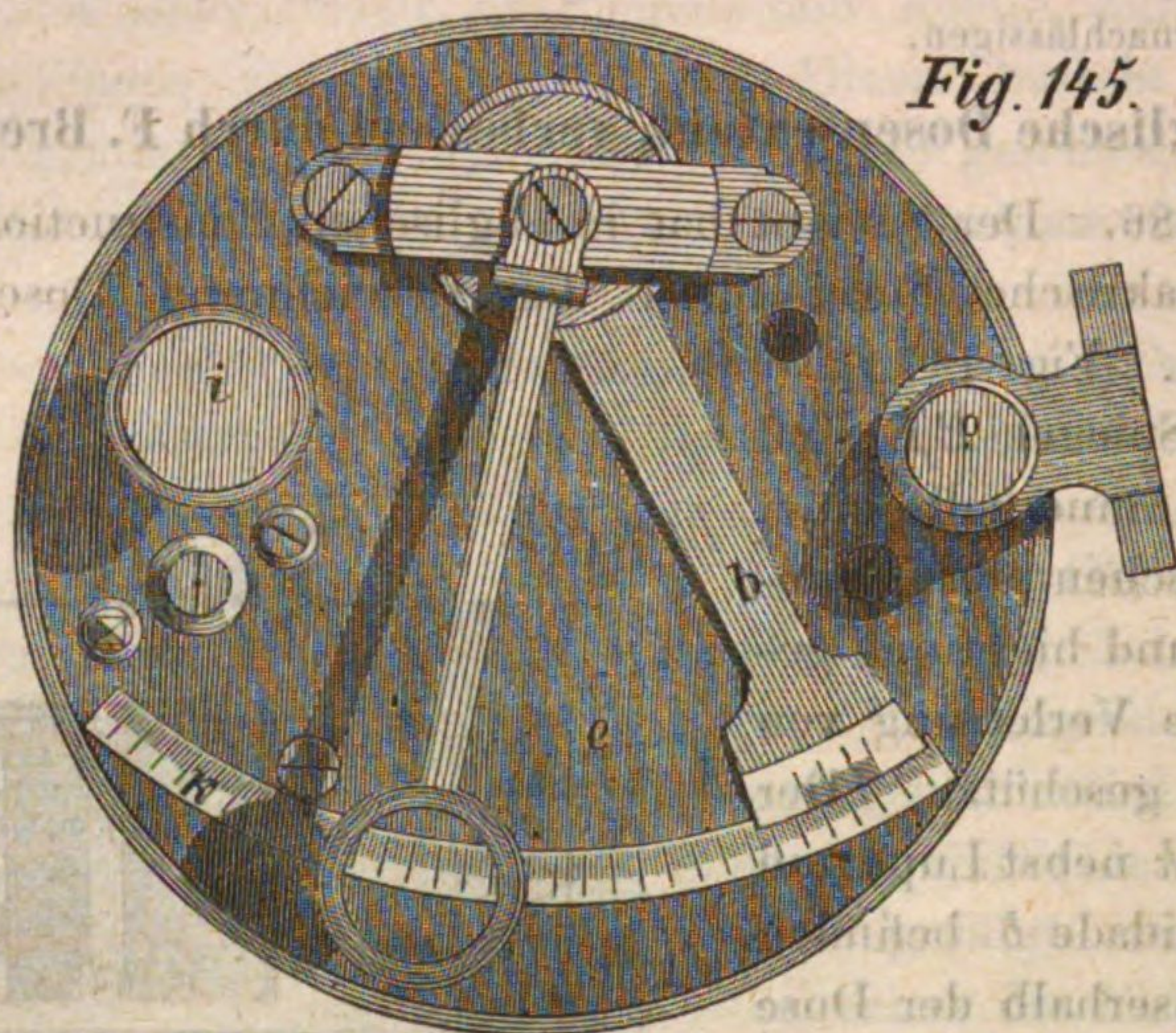
Die Spiegel EF sind nämlich innerhalb einer cylindrischen Dose angebracht und hierdurch gegen jede Verletzung von aussen geschützt. Der Limbus k nebst Lupe und die Alhidade b befinden sich ausserhalb der Dose auf deren oberer Platte (Fig. 145). An ersterem sind $\frac{1}{3}$ Grade, mittelst des Nonius an der Alhidade einzelne Minuten ablesbar. Von dem Pivot der Alhidade, in welchem unterhalb (Fig. 146) in der Dose der Ob-

Fig. 144.



jectivspiegel f befestigt ist, geht hier noch ein kurzer Hebelarm mit gezahntem Bogenstück d aus. Dieses Bogenstück steht in Verbindung mit einem kleinen Getrieberad h ebenfalls unter der Oberplatte, welches mittelst eines Knopfs oberhalb derselben gedreht werden kann. Der halb belegte Ocularspiegel hat die bekannte Stellung zu dem andern. Zum astronomischen Gebrauch befin-

den sich in der Dose noch Blendgläser *n*, *m*, welche von aussen her ein- und aufgeklappt werden können. Die Spiegel sind mit den üblichen Correctionsschrauben versehen. Ein Fernrohr zum Ab- und Anschrauben, ein anzuschraubender Deckel, sowie für den Gebrauch ein anzuschraubender Handgriff oder ein Stockstativ vervollständigen den Apparat, der sehr compendiös ist und daher in jedem Terrain mitgeführt werden kann.



Obere Fläche.

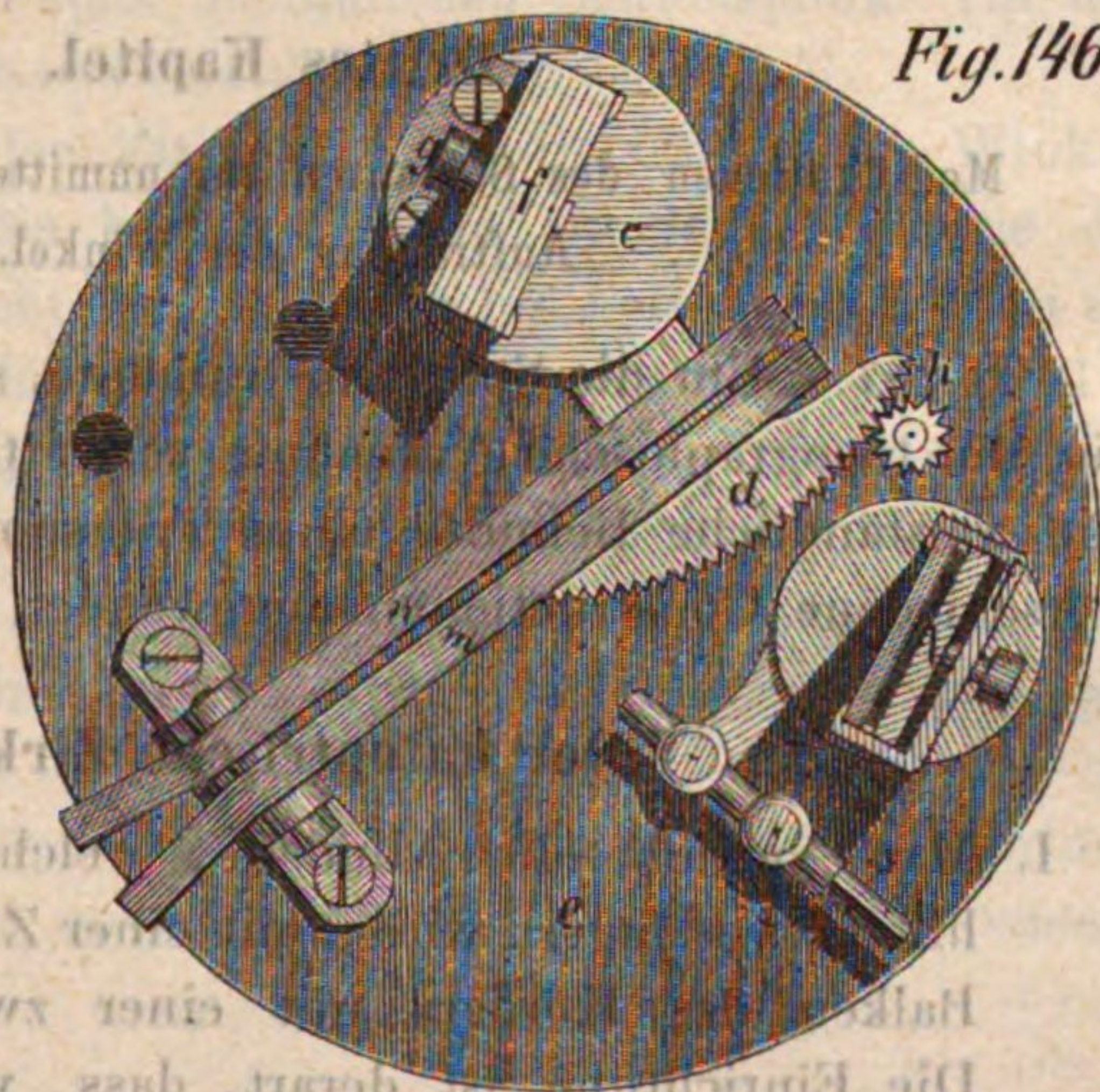
Wir haben oben gesagt, dass die Projection der natürlichen schiefen Winkel in nicht zu bergigem Terrain, so wenig von der Grösse des natürlichen Winkels selbst abweicht, dass man ohne Bedenken den natürlichen Winkel für die Projection nehmen kann. Bei topographischen Vermessungen im Gebirge, wo unter Umständen die Winkalebene des natürlichen Winkels eine sehr bedeutende Neigung annimmt, [wenn man z. B. sehr tief steht und zwei Berggipfel beobachtet] kann aber der Unterschied zwischen der natürlichen Grösse und der Projection dieses Winkels so auffallend werden, dass man eine Reduction der Winkalebene auf den Horizont durch Berechnung vornehmen müsste, um eine richtige topographische Wiedergabe in der orthographischen Horizontalprojection zu erzielen.

Um nun die Berechnung unnöthig zu machen, vielmehr ohne Weiteres mechanisch die Projection, also den Horizontalwinkel zu messen, hat F. Breithaupt 1842 den englischen Dosensextanten dahin vervollkommnet, dass er:

1. den Dosensextanten auf seiner Oberfläche mit einer kleinen Dosenlibelle versah, um den Körper horizontal stellen zu können;
2. statt des sonst gebräuchlichen Ocularlochs lange senkrechte Ocularschlitze dem Ocularspiegel gegenüber in der Dosenwand einschnitt, um auch bei horizontal gestelltem Instrument Punkte über oder unter dessen Horizontalebene anvisiren zu können;
3. durch eine auf der hinteren Fläche des Ocularspiegels eingezogene feine Vertikallinie die vertikale Visirebene markirte,

Inneres.

und ferner den sonst freiliegenden Limbus und Alhidade durch einen Glasdeckel schützte, über dem der Knopf zum Drehen des Pivots, und die Libelle allein hervorragt, sowie die Lupe, — so dass also mit dem Instrument im Gebirge bei Wind und Wetter gemessen werden kann.



Es ist dies ein für die Ausführung von Vermessungen in einem wilden Terrain, in welchem man mit grösseren schweren Instrumenten sich nicht schleppen kann, sehr hoch anzuschlagender Vorzug des Dosensextanten.

Natürlich kann der Breithaupt'sche Dosensextant auch mit Fernrohr und Blendglas versehen werden.

Bei einem Vergleichswinkelmessen zwischen einem Theodo-

lithen, (der eine geneigte Lage annehmen konnte) und einem Dosensextant ergab sich:

	mit dem Theodolithen	mit dem Sextanten
1. Horizontalwinkel	$21^{\circ}53'$	$21^{\circ}54'$
2. schiefer natürlicher Winkel	$26^{\circ}31'$	$26^{\circ}30'$

also eine Minute nur Unterschied.

Mittelst einer einfachen Schiebervorrichtung kann übrigens der Ocularschlitz zugeschoben und in ein Ocularloch verwandelt werden, um in horizontalem Terrain leichter messen zu können.

Der Gebrauch zur Winkelmessung ist natürlich ganz derselbe, wie bei jedem andern Sextanten, ausser dem Horizontalstellen zum Ermitteln des Horizontalwinkels.

Drittes Kapitel.

Modifikationen des Sextanten zur unmittelbaren graphischen
Auftragung der Winkel.

§ 287. Um die Spiegelinstrumente, speciell die Sextanten, für die topographische Aufnahme verwerthen zu können, ohne die umständliche Beihülfe eines Transporteurs, hat man zwei verschiedene Constructionen angewendet.

Der katoptrische Zirkel.

I. Man versieht die Alhidade, welche über dem Limbus hinaus verlängert wird, mit einer Zirkelspitze, den einen Balken des Körpers mit einer zweiten gleich langen. Die Einrichtung ist derart, dass, wenn die Alhidade so gestellt war, dass

- a. die Spiegel parallel stehen, also
- b. die Nullpunkte des Nonius und Limbus zusammenfielen, — nunmehr auch
- c. die beiden Zirkelspitzen dicht an einander geklappt lägen.

Der Limbus ist auf 60° getheilt, also bis 120° beziffert,

wodurch die bei der Beobachtung sich ergebenden Zirkelöffnungen in Winkelgrösse zu ermitteln sind. Die graphische Auftragung der Winkel erfolgt nach dem bekannten Lehrsatz, dass: die Sehne eines Sectors von 60° Oeffnung gleich dem Radius ist. Wird also die Alhidadenspitze von der feststehenden um 60° entfernt, also auf 120° gestellt, so erhält man in der Auseinanderstellung der Spitzen die Radiuslänge eines Kreises vom Pivotpunkt zur Zirkelspitze.

Gebrauch:

Man habe z. B. im Stationspunkt St den Winkel φ zwischen den Visirlinien nach einem linken Object P und einem rechten Object P' am Instrument abgelesen, so wird derselbe wie folgt aufgetragen:

1. Man öffnet die Spitzen auf 60° , setzt die eine Spitze in den auf dem Papier befindlichen Stationspunkt ein und schlägt einen Kreis mit der andern Spitze.

2. Man schliesst den Zirkel bis auf die Grösse des Winkels φ und setzt die beiden Spitzen in die Peripherie des Kreises ein, zieht von diesen beiden Peripheriepunkten aus die Radien, so hat man in dem Centriwinkel den Winkel φ .

Ist die Richtung des einen Radius schon auf dem Papier befindlich, so wäre die eine Zirkelspitze dorthin zu setzen, wo diese Richtung die geschlagene Peripherie schneidet. (Man würde mit Hülfe eines dreifüssigen Zirkels sehr schnell zum Ziele kommen.)

Das Instrument, welches aus diesem Constructionsprincip entsteht, wird nicht mehr gebraucht. Es ist durch besseres ersetzt.

§ 288. Der graphische Spiegelwinkel.

II. Man verzichtete auf die geometrische Messung des Winkels und wünschte den Drehungswinkel des Objectivspiegels in doppelter Grösse direct graphisch auftragbar zu besitzen. Dies erlangte man auf Grund des Satzes:

In einem gleichschenkligen Dreieck ist der Aussenwinkel an der Spitze gleich dem doppelten Basiswinkel.

$$\angle VMP = 2 \angle MGB.$$

Dreht sich nun der Spiegel mit Hülfe der Bewegung des Lineals von V nach V' um die Grösse α , so ist der Basiswinkel MGP nunmehr gleich $MGB + \alpha$, folglich nunmehr der Aussenwinkel, der durch die beiden Ziehanten gebildet wird.

$$\begin{aligned} \angle VMP + VMV' &= 2 (\angle MGB + \alpha) \text{ oder} \\ &= 2 MGB + 2\alpha \quad \text{oder, die} \\ &\text{gleichen Grössen gestrichen,} \end{aligned}$$

$$VMV = 2\alpha, \text{ was zu beweisen.}$$

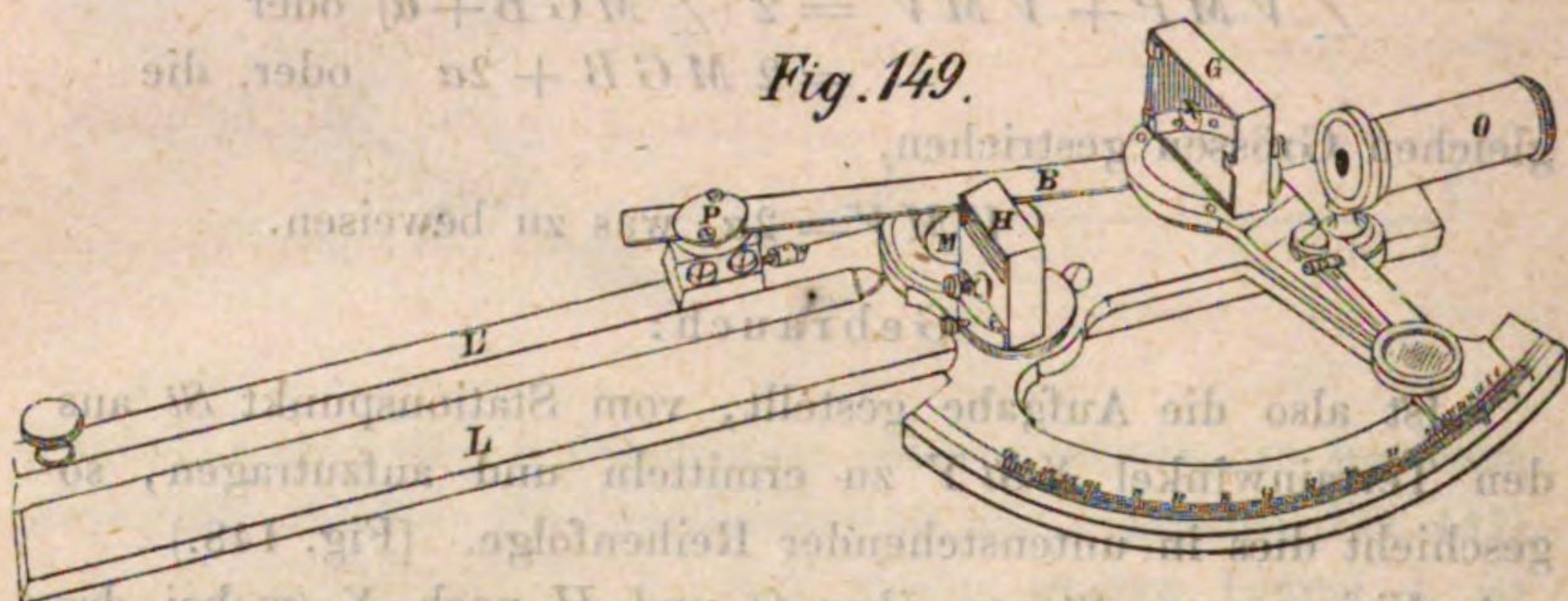
Gebrauch:

Ist also die Aufgabe gestellt, vom Stationspunkt St aus den Terrainwinkel $XStY$ zu ermitteln und aufzutragen, so geschieht dies in untenstehender Reihenfolge. [Fig. 148.)

1. Visiren von St aus über O und H nach X (wobei das Instrument in der linken Hand gehalten wird). Während dessen:
2. Drehen des Lineals L' mit der rechten Hand bis das Object Y durch G reflectirt bei H erscheint.
3. Auflegen des Instruments mit derselben Oeffnung auf das Papier an den etwa aufgezeichneten Stationspunkt st , und zwar, wenn eine Richtung z. B. StX schon aufgetragen sein sollte, so, dass das eine Lineal mit seiner Ziehkante an der stx liegt und der Pivotpunkt M den Punkt st genau deckt.
4. Ziehen der Linie sty an der andern Linealkante. So ist $xsty$ der der Natur gleiche Winkel.

Sollte, wie schon früher erwähnt, der natürliche schiefe Winkel sehr geböscht gegen seine Projectionsebene sein, und kommt es darauf an, genau die Projection des $\angle XStY$ auf dem Papier zu erhalten, so winkt man eventuell zwei Jalons auf die Richtungen StX und StY ein, welche in gleicher Höhe mit St stehen, und corrigirt durch Anvisiren dieser beiden Jalons bei horizontal gehaltenem Instrumentenkörper die Auseinanderstellung der Linealkanten, welche dann aufgetragen wird.

§ 289. III. Will man geometrisch und graphisch die abgetragenen Winkel geben, so verbindet man die eben beschriebene Einrichtung mit einem kleinen Sextanten und erhält dadurch den **Horner'schen Reflector**, welcher von den graphischen Spiegelinstrumenten das bei Weitem praktischste ist und leicht in Etui von 2,5 Decimeter Länge und 1 Decimeter Breite überall



mitgeführt werden kann. (Fig. 149.) Durch die Figur wird die Construction jedem, der den Passus II gelesen, verständlich sein. Die Anforderungen sind hauptsächlich, ausser den an den Sextanten zu stellenden:

1. Gradlinige Ziehanten.
2. Richtige Lage der Pivotpunkte *H*, *G*, *M*, *P*.
3. Sichere Führung des Balkens *B*.

Viertes Kapitel.

Instrumente mit feststehenden Spiegeln als unvollkommene
Winkelmesser.

§ 290. Zum Gebrauch bei flüchtigen Vermessungen sind einige dieser Spiegelinstrumente, deren Beschaffung nicht theuer und deren Volumen sehr gering, hier und da mit Vorthail zu gebrauchen, namentlich da, wo es sich darum handelt, bestimmte Elementaraufgaben der Vermessungskunst, wiederholentlich auszuführen. Solche Elementaraufgaben sind das Abstecken grader Linien oder das Einrücken des Beobachters selbst in ein bereits abgestecktes Allignement, auch das Abstecken

der am meisten gebräuchlichen Winkelgrössen, als 90^0 , 60^0 , 45^0 , 30^0 , 120^0 , welche sich schliesslich auf die Winkel 90^0 und 60^0 leicht zurückführen lassen und das Einrücken des Beobachters in die Spitze des betreffenden Winkels, wenn die beiden Endpunkte der Schenkel in der Natur gegeben sind.

Man hat daher mit Hülfe der Spiegelgesetze kleine Instrumente angefertigt, in welchen die beiden Spiegel des Sextanten constant eine solche Neigung zu einander besitzen, dass

für das Abstecken und Einrichten von Allignements die beiden Lichtstrahlen einen $\angle$ von 180^0 ,

für das Abstecken von Winkeln die geforderte Grösse der $\angle$ bilden.

Von der grossen Zahl dieser kleinen, vielfach auch von Dilettanten construirten Instrumente mögen hier nur genannt und kurz beschrieben werden:

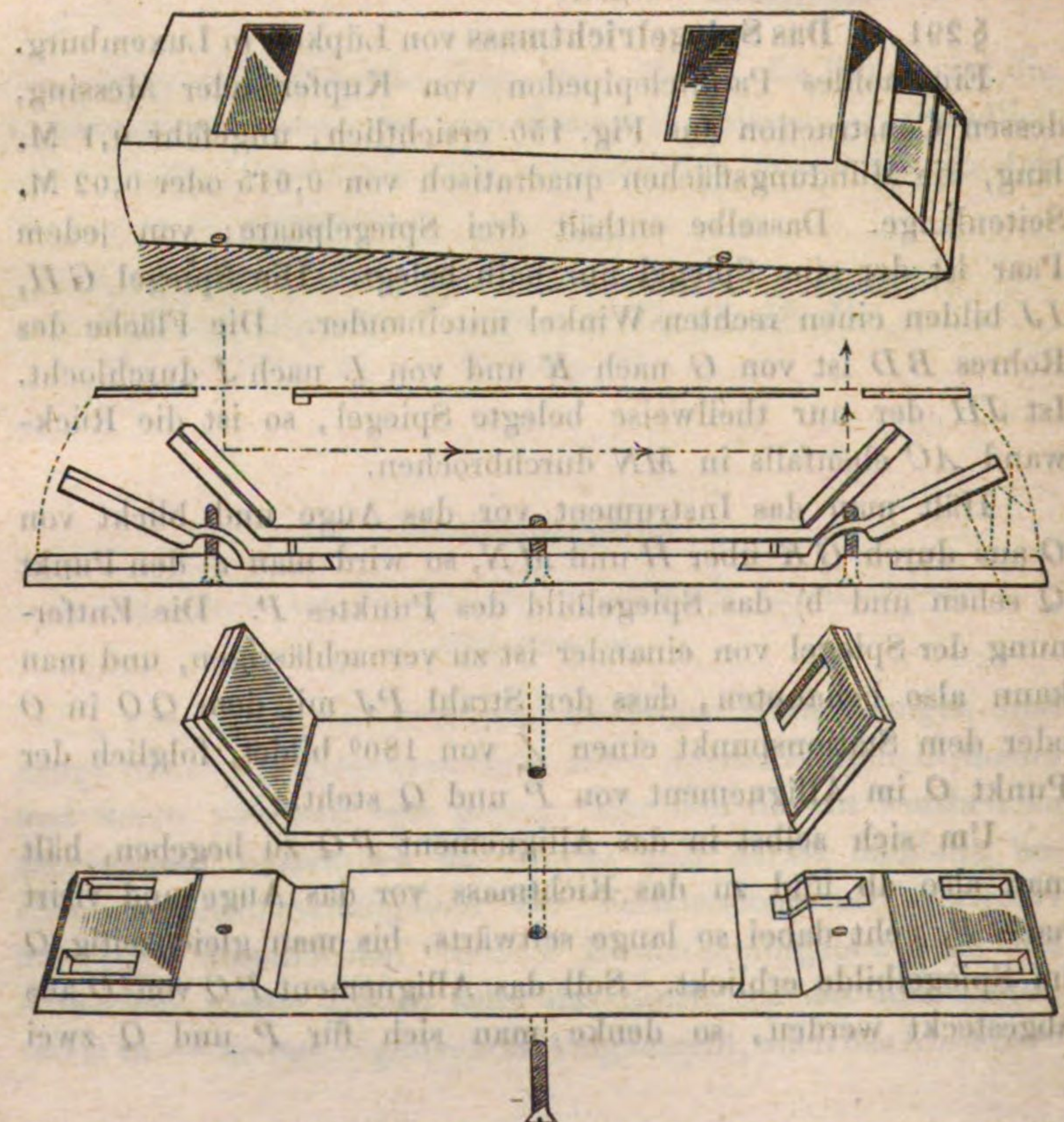
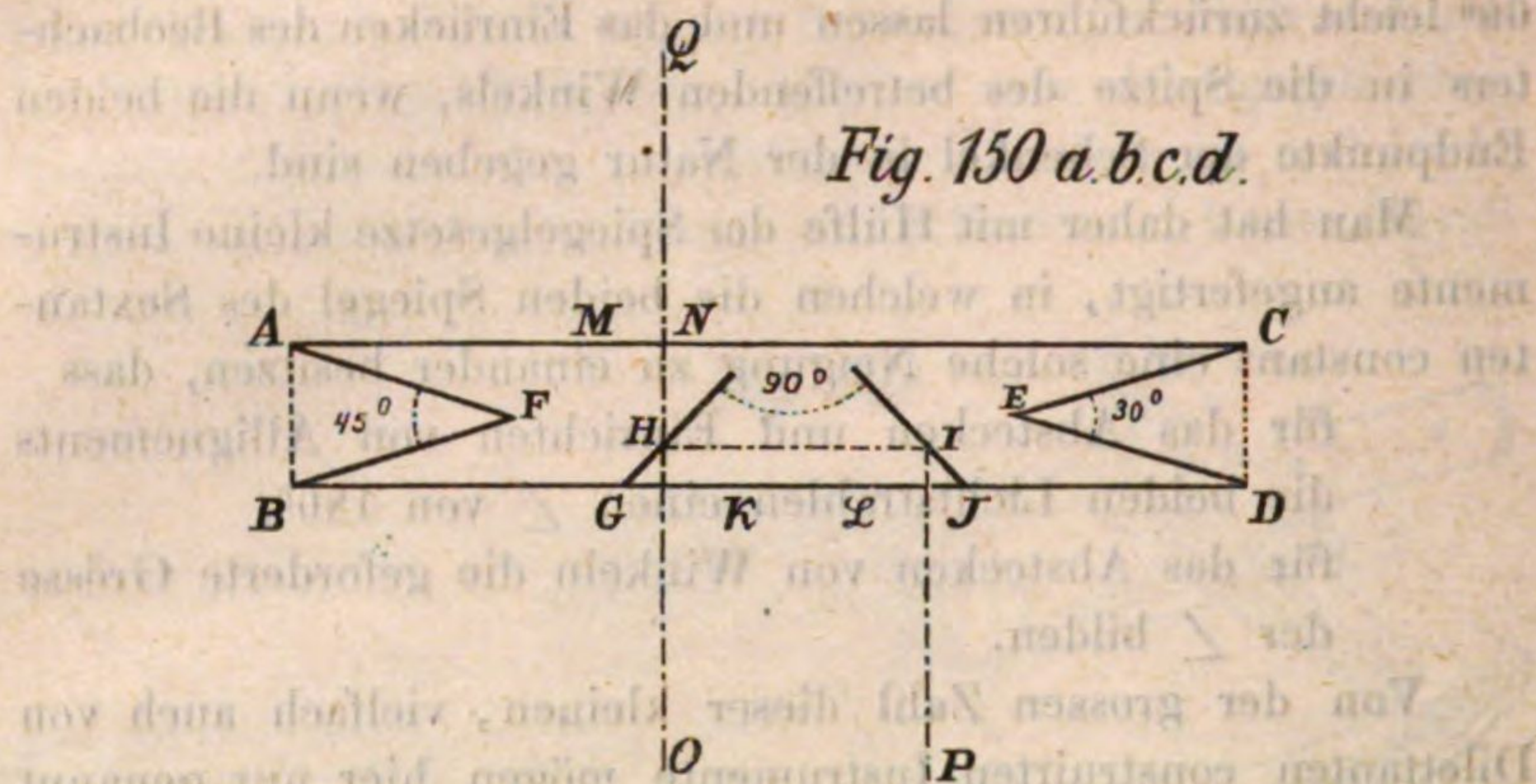
§ 291. 1) **Das Spiegelrichtmass** von Lüpken in Luxemburg.

Ein hohles Parallelepipedon von Kupfer oder Messing, dessen Construction aus Fig. 150 ersichtlich, ungefähr 0,1 M. lang, die Mündungsflächen quadratisch von 0,015 oder 0,02 M. Seitenlänge. Dasselbe enthält drei Spiegelpaare; von jedem Paar ist der eine Spiegel nur halb belegt. Die Spiegel GH , IJ bilden einen rechten Winkel miteinander. Die Fläche des Rohres BD ist von G nach K und von L nach J durchlocht. Ist JH der nur theilweise belegte Spiegel, so ist die Rückwand AC ebenfalls in MN durchbrochen.

Hält man das Instrument vor das Auge und blickt von O aus durch GK über H und MN , so wird man a) den Punkt Q sehen und b) das Spiegelbild des Punktes P . Die Entfernung der Spiegel von einander ist zu vernachlässigen, und man kann also behaupten, dass der Strahl PJ mit dem QO in O oder dem Stationspunkt einen $\angle$ von 180^0 bildet, folglich der Punkt O im Allignement von P und Q steht.

Um sich selbst in das Allignement PQ zu begeben, hält man also ab und zu das Richtmass vor das Auge und visirt nach P , geht dabei so lange seitwärts, bis man gleichzeitig Q im Spiegelbilde erblickt. Soll das Allignement PQ von O aus abgesteckt werden, so denke man sich für P und Q zwei

Baken. Die eine nach P wird eingesteckt, die Q wird unter Beobachtung des Spiegelbildes P nach vorwärts eingerückt.



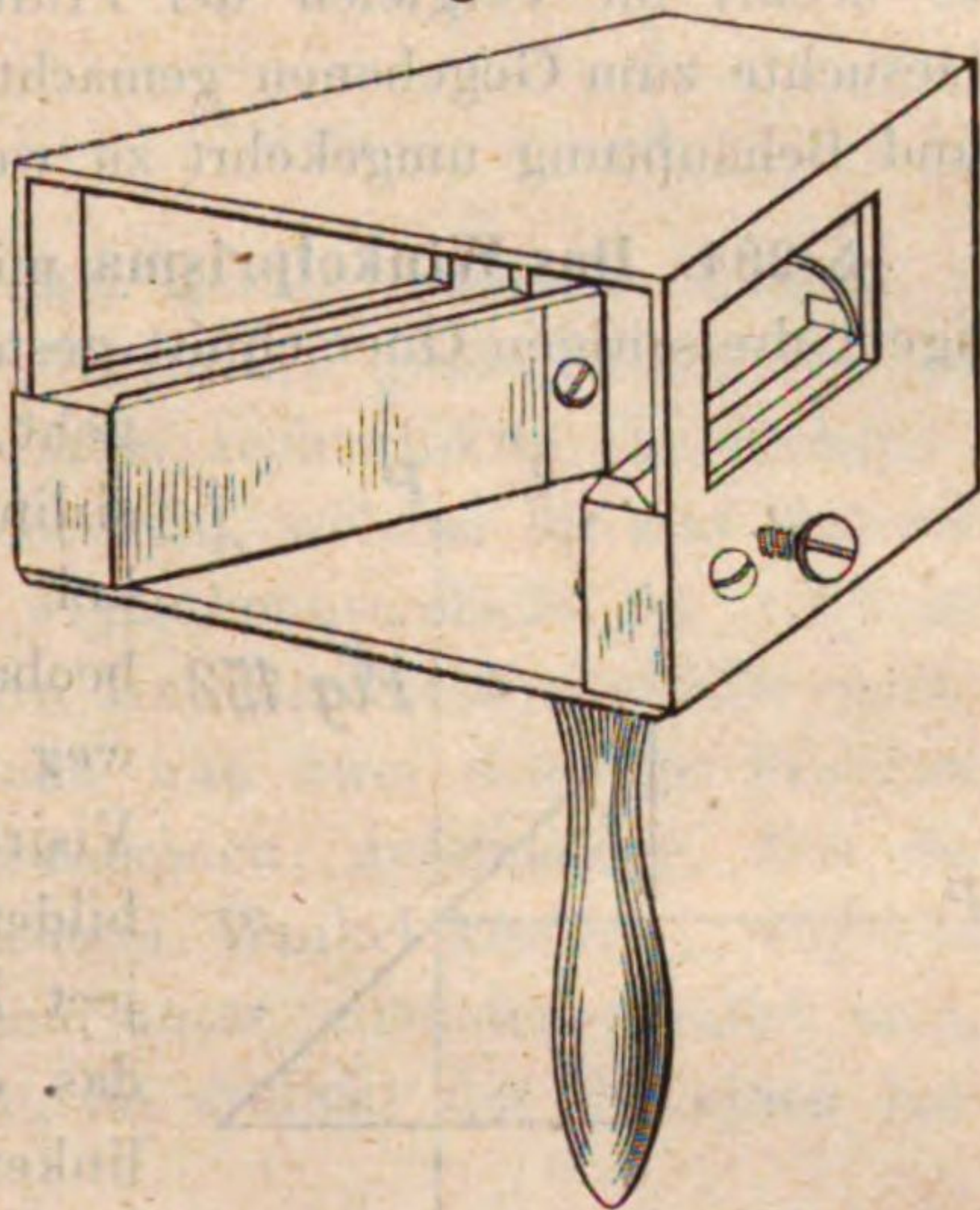
Die beiden anderen Spiegelpaare bilden je einen Winkel von 30° und 45° , wodurch es möglich wird, in ähnlicher Weise Winkel von 60° und 90° abzustecken.

Eine verbesserte Construction mit Correctionsschraube zeigt in natürlicher Grösse die Fig. 150 b. c. d.

Man ist im Stande, mit Hülfe dieses Instruments Allignements und auch Horizontallinien (wenn ein Höhenpunkt gegeben), ferner beliebige Winkel und Figuren, wie sie z. B. in der Befestigungskunst gewöhnlich sind, abzustecken, und es ist daher zu empfehlen.

§ 292. 2. **Der Winkelspiegel** zum Abstecken rechter Winkel. Zwei Spiegel in prismatischem Gehäuse mit kleinen Fenstern; der eine Spiegel durch Schraube fein corrigirbar. Beide Spiegel sind so gestellt, dass der Beobachter, von aussen durch beide Fenster ein Object anvisirend, durch die Spiegel gleichzeitig ein in rechtwinkliger Richtung befindliches Object sehen muss. Der Gebrauch vgl. § 173. 174. Fig. 151 giebt die natürliche Grösse.

Fig. 151.



Fünftes Kapitel.

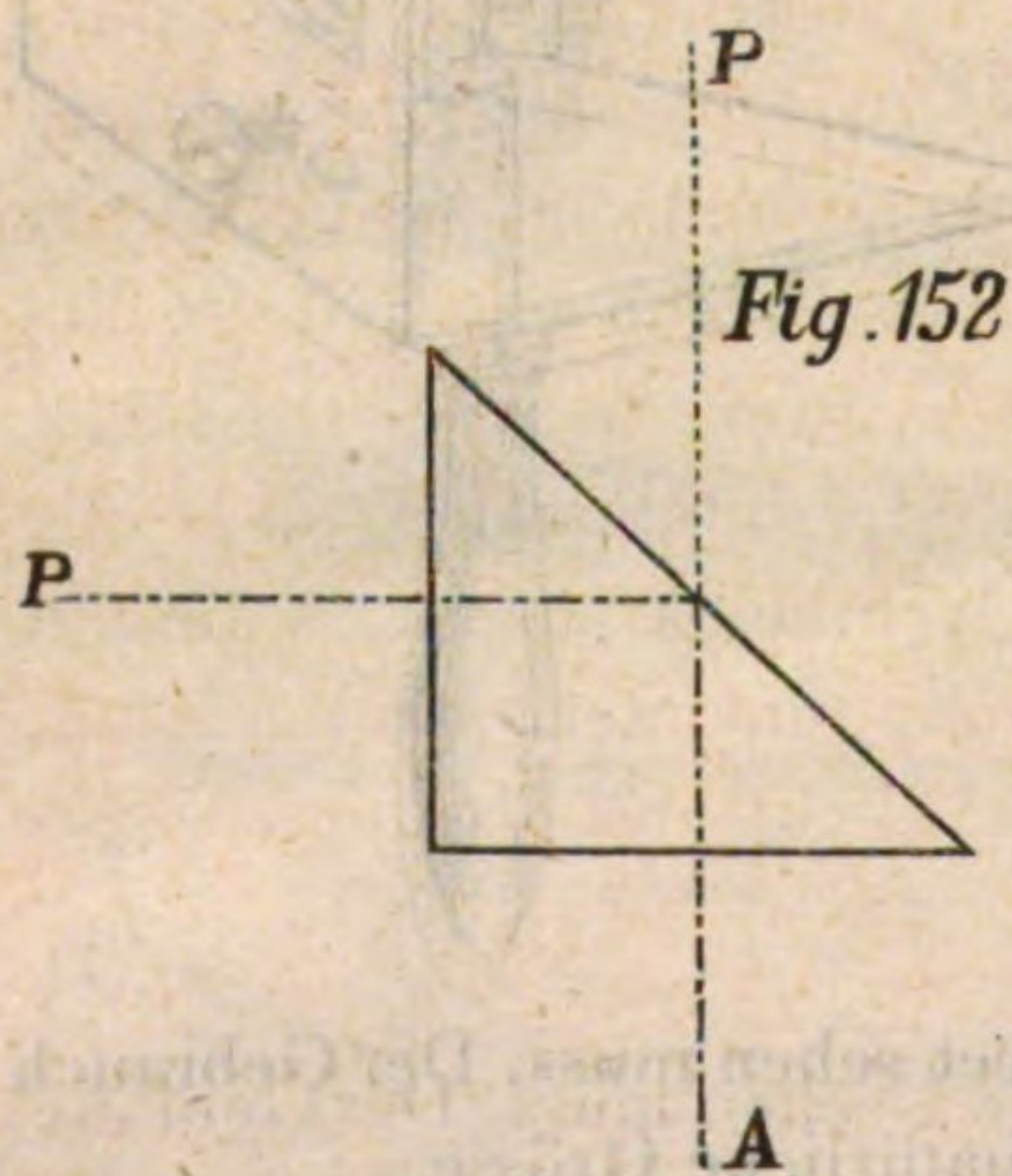
Prismeninstrumente.

Einfache Prismeninstrumente als unvollkommene Winkelmesser.

§ 293. Dieselben dienen als Hülfsinstrumente zum Abstecken etc. einfacher Winkel. Hierzu gehören das Winkelprisma und das Prismenkreuz.

Prismen haben vor Spiegeln, wie schon erörtert, den Vorthail, dass sie hellere Spiegelbilder erzeugen und dass sie nicht so leicht bei unziertem Gebrauch leiden als Spiegel, deren Amalgam sehr geschützt werden muss. Anderseits ist es nothwendig, dass ihre mechanische Anfertigung genau die geometrischen Anforderungen an die Gestaltung ihrer Begrenzungsflächen im Auge behält, und diese Letztere müsste besonders scharfer Prüfung unterzogen werden; die Art der Prüfung ergibt sich schon aus der einfachen Gebrauchsweise; es bedarf im Vergleich der Prüfung zum Gebrauch nur das Gesuchte zum Gegebenen gemacht werden, also Voraussetzung und Behauptung umgekehrt zu werden.

§ 294. **Das Winkelprisma** mit rechtwinklig gleichschenkligen dreiseitigen Querschnitt gestattet, wie aus § 273 hervor-



geht, das Einwinken zweier Visirlinien in einen rechten Winkel. Steht das Auge in *A* und beobachtet über das Prisma hinweg (wobei der Winkel, den die Visirlinie auf die Hypothenuse bildet, $= 45^\circ$ sein muss) das Object *P*, so ist im Prisma selbst das doppelt reflectirte Bild des linken Objects *P'* zu sehen, dessen Lichtstrahl den nach § 273 vorgeschriebenen Weg zurückzulegen hat.

§ 295. Ebenso ist das § 274 erörterte Ertel'sche Prisma zu verwenden, je nach dem Winkel φ und $\frac{\varphi}{2}$, unter welchem die Seiten zu einander geschliffen sind.

§ 296. Auch ein Prisma von 4seitigem Durchschnitt ist zu demselben Zweck, Abstecken von rechten Winkeln, zu gebrauchen. Dann ist der Durchschnitt als ein rechtwinklig gleichschenkliges Dreieck construiert, dessen Hypothenuse einmal unter dem Polygonwinkel eines regulären Achteits nach aussen gebrochen ist. Das Prisma liegt dann

in einer Fassung, welches die daraus entstehenden Polygonseiten a und b blendet. Der Lichtstrahl verfolgt den Weg $PP'P''P'''$ so, dass PP' zu $P''P'''$ rechtwinklig steht.

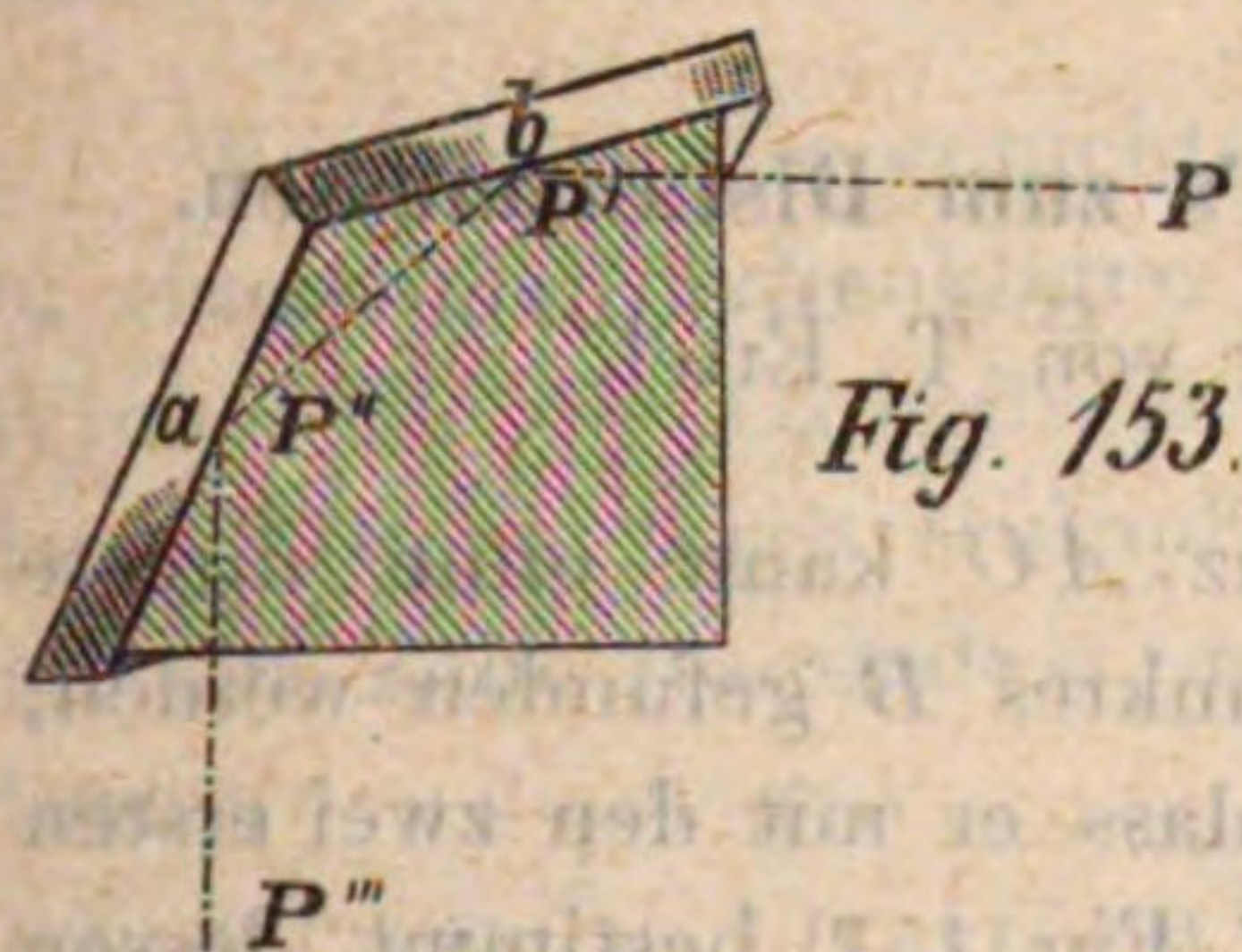


Fig. 153.

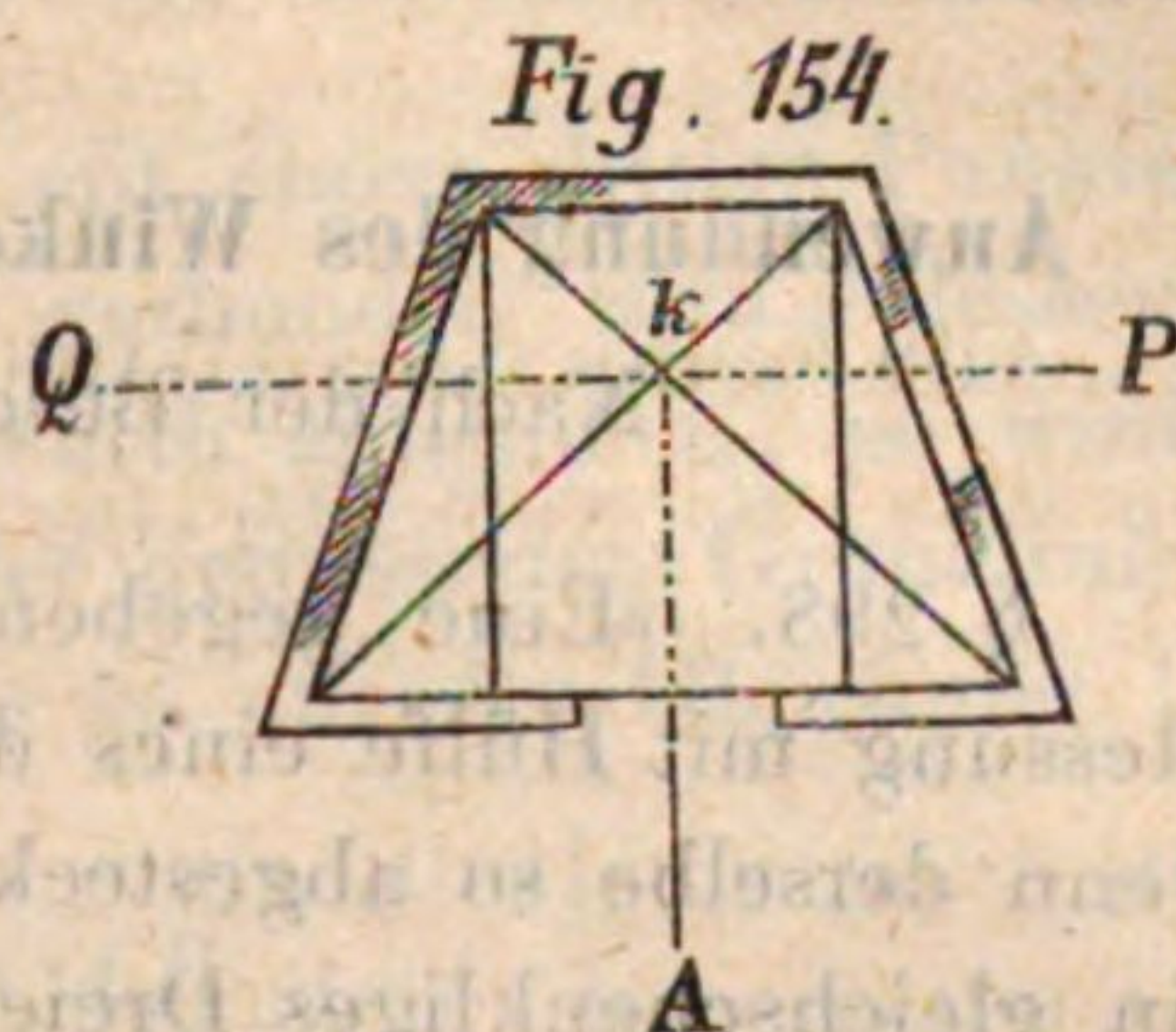


Fig. 154.

§ 297. **Das Prismenkreuz**, von Bauernfeind (München), zum Alligniren dreier Punkte (Abstecken grader Linien) beruht auf dem Princip, dass bei einem rechtwinklig gleichschenkelig dreiseitigen Prisma der Lichtstrahl, welcher die eine Kathete rechtwinklig trifft, von der Hypothenusenfläche so reflectirt wird, dass er aus der andern Kathetenfläche ebenfalls rechtwinklig heraustritt. Legt man nun zwei derartige Prismate in einem Gehäuse derartig zusammen, aufeinander, dass die Hypothenusen sich unter rechtem Winkel kreuzen, während die homologen Kathetenflächen unter einander parallel sind, wie aus der Figur ersichtlich, so erblickt das der einen Ka-

Fig. 155.

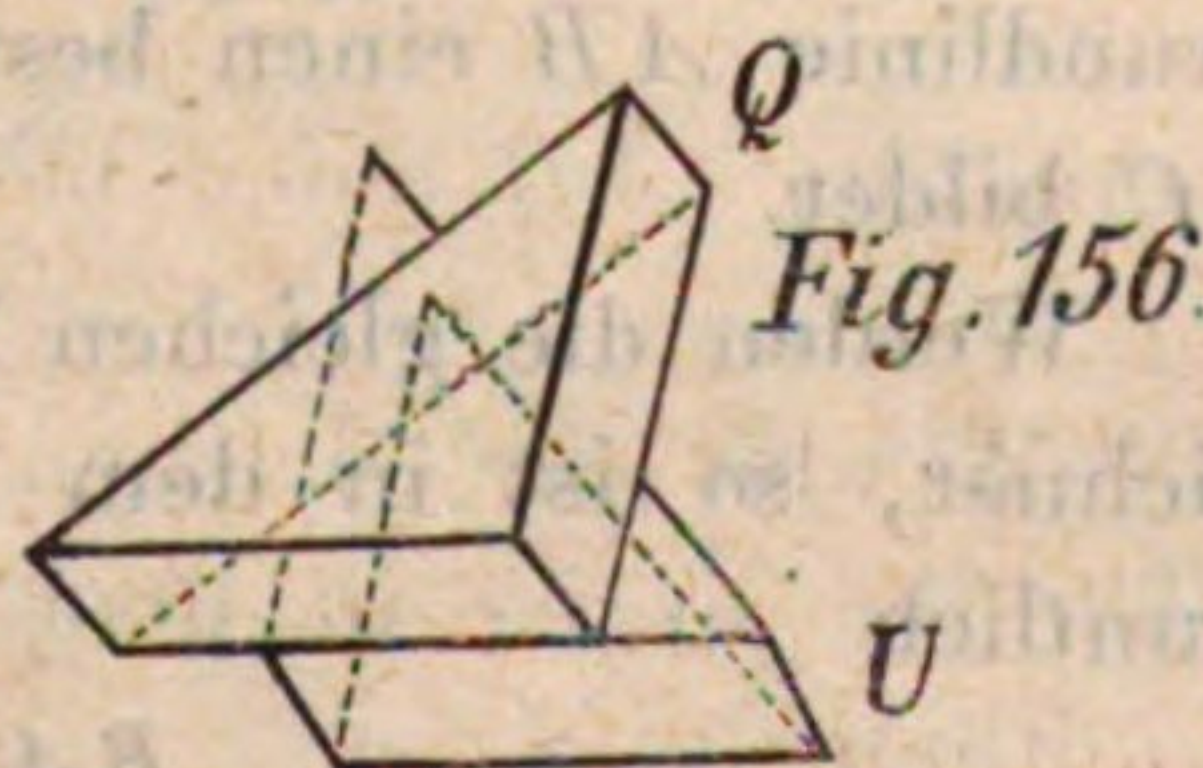
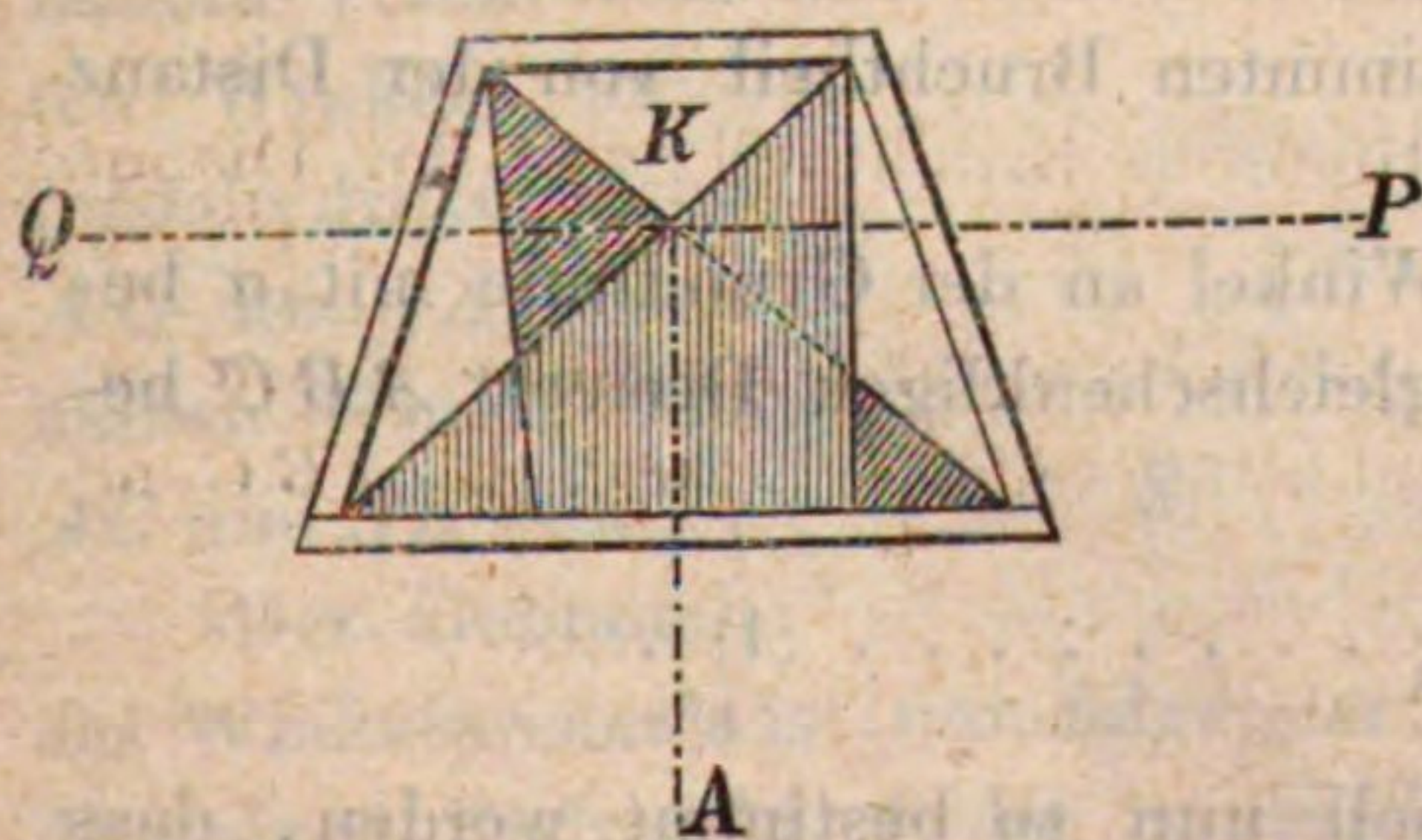


Fig. 156.

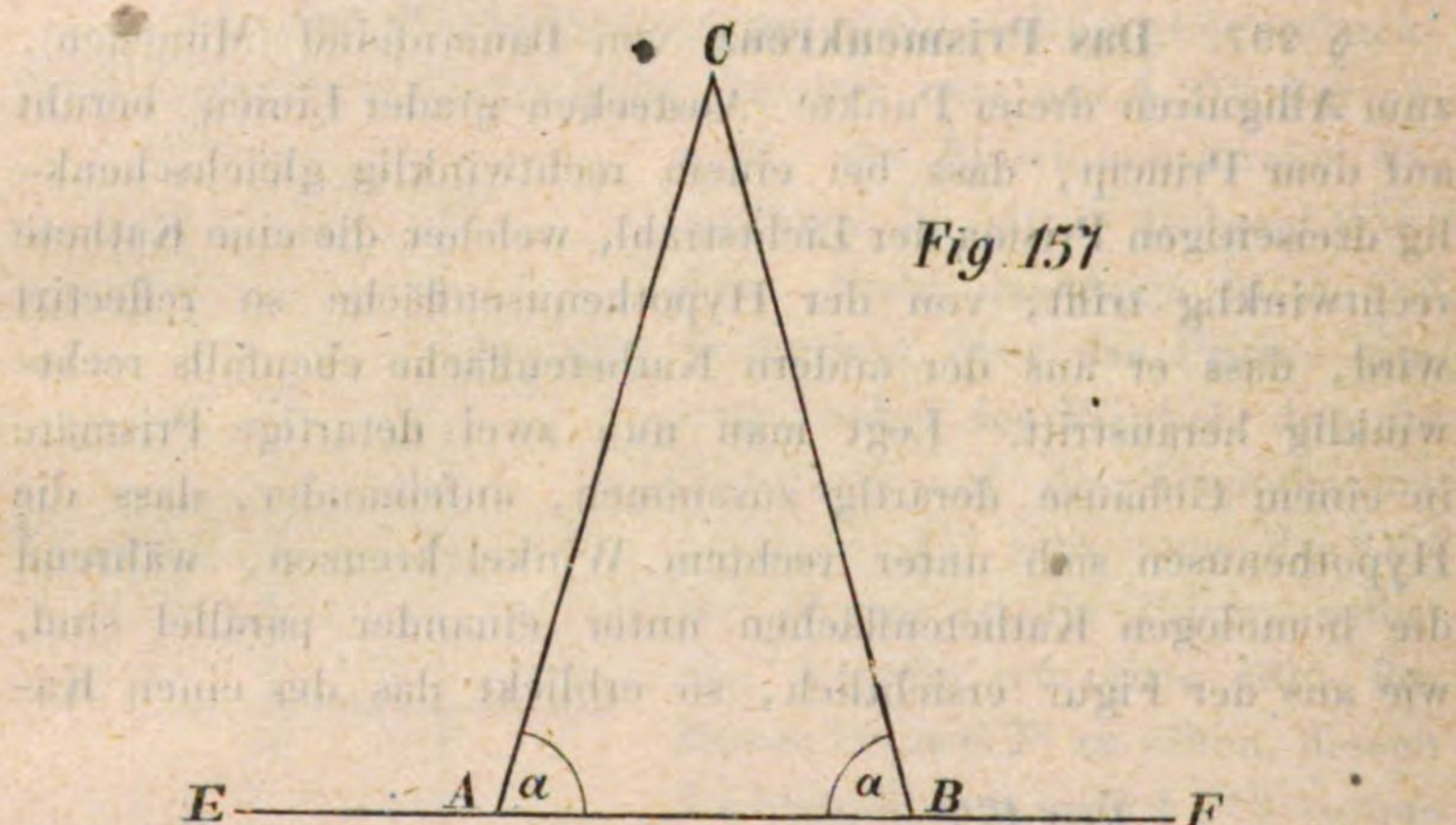
thete gegenüberstehende Auge A in dem Spiegelpunkt K der Hypothenuse des oberen Prismas O das Object P , während

es gleichzeitig senkrecht darunter in dem entsprechenden Punkte der Hypothenuse des unteren Prisma's U das Object Q erblickt. Die Fassung ähnlich dem Winkelspiegel. Der Gebrauch ist hieraus zu verstehen.

Anwendung des Winkelprisma's zum Distanzmessen.

Nach der Beschreibung von T. Ertel.

§ 298. »Eine gegebene Distanz AC kann ohne directe Messung mit Hülfe eines dritten Punktes B gefunden werden, wenn derselbe so abgesteckt wird, dass er mit den zwei ersten ein gleichschenkliges Dreieck ABC (Fig. 157) bestimmt, dessen



Grundlinie AB einen bestimmten Bruchtheil von der Distanz AC bildet.

Werden die gleichen Winkel an der Grundlinie mit α bezeichnet, so ist in dem gleichschenkligen Dreieck ABC bekanntlich

$$AC = \frac{BA}{2 \cos \alpha} \dots \dots \dots (1)$$

Der dritte Punkt B soll nun so bestimmt werden, dass die Grundlinie des gleichschenkligen Dreiecks

$$AB = \frac{1}{30} AC$$

ist. Diesen Werth für AB in die obige Gleichung gesetzt, giebt:

$$\cos \alpha = \frac{1}{60} \dots \dots \dots (2)$$

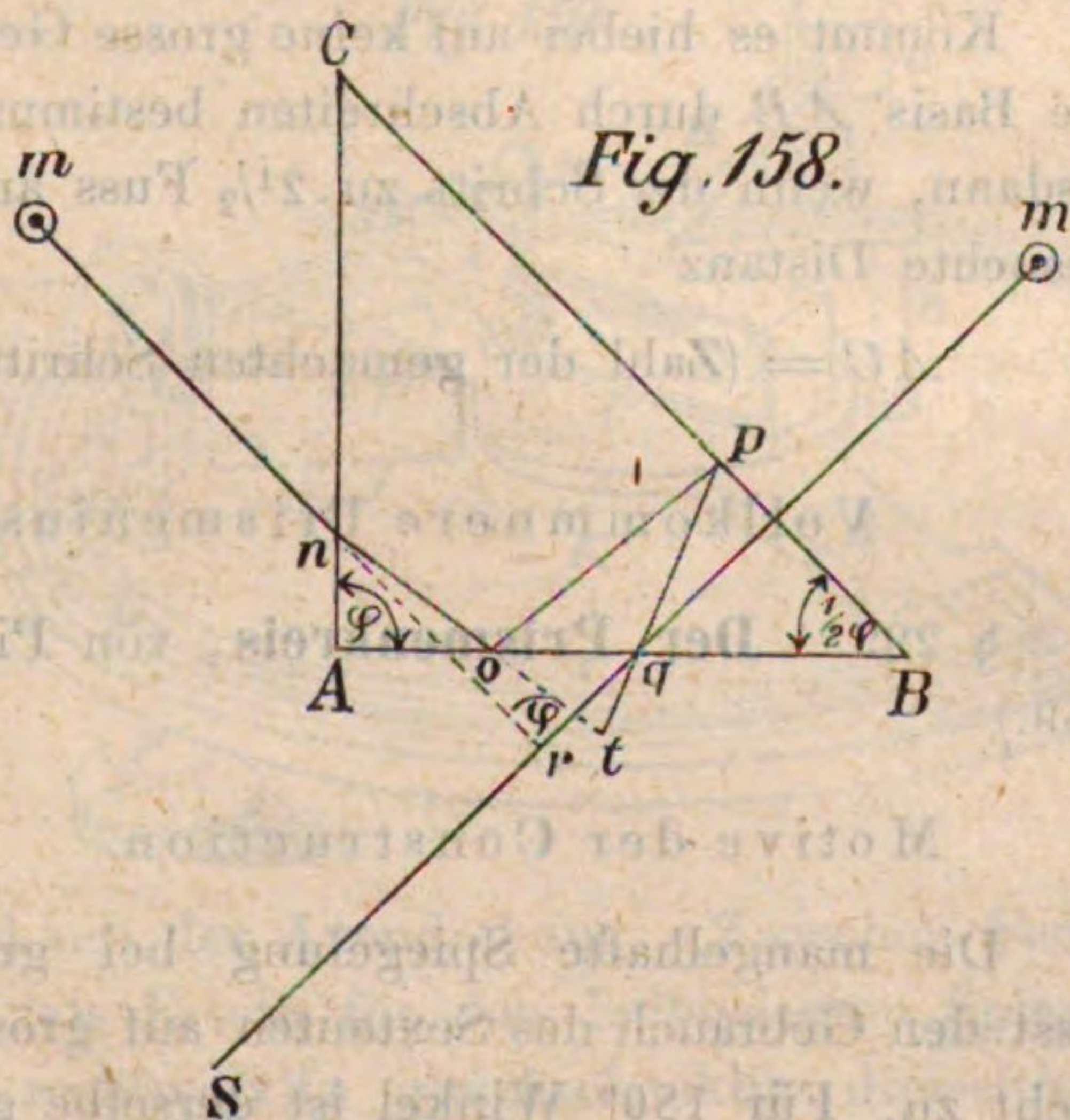
und den $\angle \alpha 89^\circ 2' 42,015''$.

Wenn also die gesuchte Distanz mit einem dritten Punkte zu einem gleichschenkligen Dreiecke verbunden wird, dessen Winkel an der Grundlinie diesen Werth annehmen, so wird diese Distanz durch Multiplication der gemessenen Grundlinie mit der Zahl 30 erhalten, nämlich es ist aus der Gleichung 1 dann:

$$AC = \frac{AB}{2 \frac{1}{60}} = 30 AB.$$

Das Winkelprisma dient nun zur Absteckung des Hülfs- punktes B und dasselbe wird in ähnlicher Weise wie der Winkelspiegel gebraucht.

Das Winkel- prisma besitzt einen dreiseitigen Quer- schnitt und es sind die drei Ebenen des- selben so geschlif- fen, dass zwei der- selben, nämlich AC und AB (Fig. 158), nahezu einen rech- ten Winkel, wäh- rend die dritte Fläche AC und AB den halben Winkel von AC und AB bildet.



»Der Gebrauch des Winkelprisma's ist nun folgender: Nachdem man sich über den einen Endpunkt A der zu bestimmenden Distanz AC so aufgestellt hat, dass der massgebende Winkel am Prisma nach rechts zu liegen kommt und die Strahlen von dem Stabe C

auf die kürzere Fläche des Prisma's fallen können, visirt man einen Stab F in der Richtung des in dem Prisma sich zeigenden Bildes C ein.

Nun wird das Prisma gestürzt und das ganze Instrument um seine vertikale Axe so gedreht, dass der massgebende Winkel am Prisma nach links zu liegen kommt.

In dieser Stellung bewegt man sich nun so lange in der über A hinaus verlängerten Richtung FE rückwärts gegen F zu fort, bis das Bild von dem Stabe C den am Ende der Distanz stehenden Stab A , der über oder unter dem Prisma gesehen wird, deckt.

Das Loth des Instruments giebt dann den Hülfspunkt B und bestimmt mit demselben das gleichschenklige Dreieck ABC auf dem Felde.

Die gesuchte Distanz AC wird nun erhalten, wenn man die für die Grundlinie des gleichschenkligen Dreiecks ABC gemessene Länge mit der Zahl 30 multiplicirt.

Kommt es hiebei auf keine grosse Genauigkeit an, so kann die Basis AB durch Abschreiten bestimmt werden, und es ist alsdann, wenn der Schritt zu $2\frac{1}{2}$ Fuss angenommen wird, die gesuchte Distanz

$$AC = (\text{Zahl der gemachten Schritte}) \times 75 \text{ Fuss.}$$

Vollkommnere Prismeninstrumente.

§ 299. **Der Prismenkreis**, von Pistor in Berlin. (Fig. 159.)

Motive der Construction.

Die mangelhafte Spiegelung bei grossem Einfallswinkel lässt den Gebrauch des Sextanten auf grössere Winkel als 120° nicht zu. Für 180° Winkel ist derselbe gänzlich unbrauchbar.

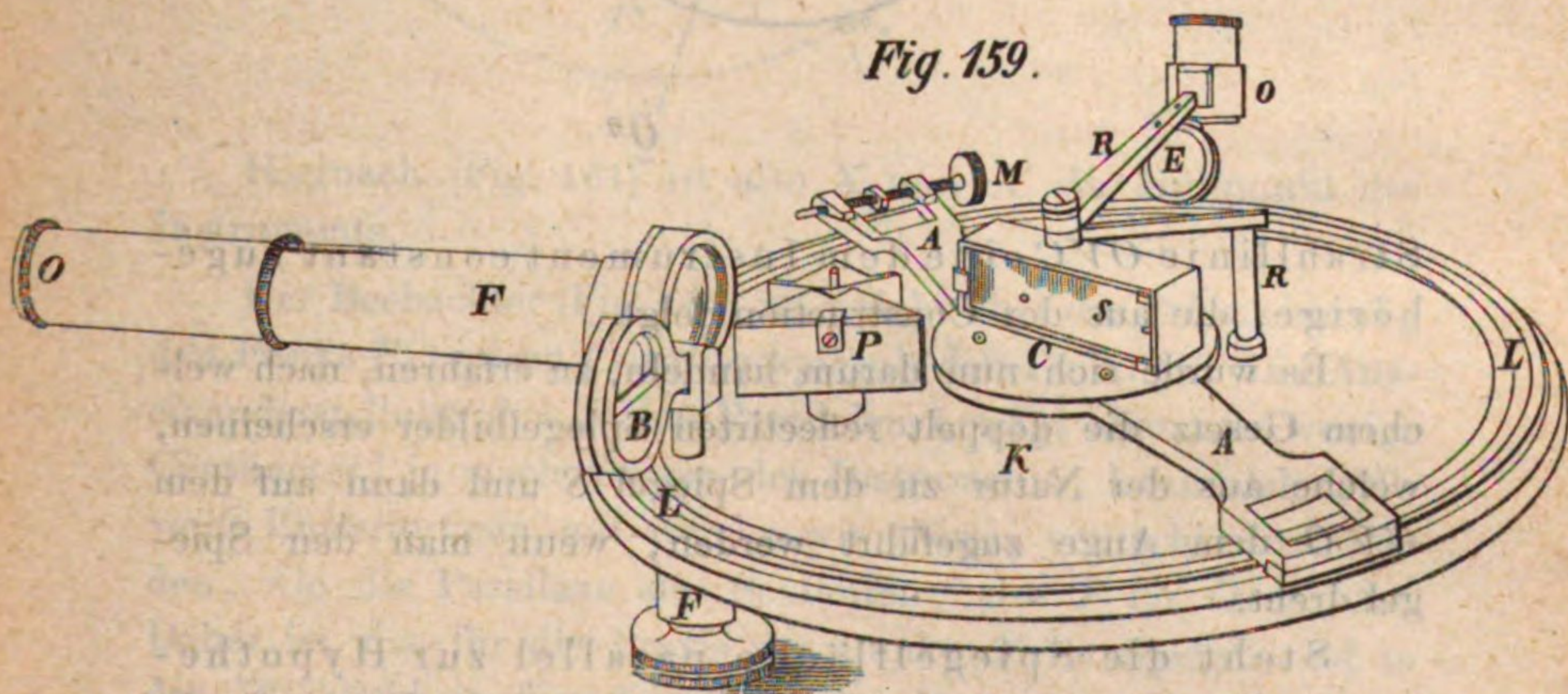
Die kurze Drehung einer einzigen Alhidade an einem 60 grädigen Kreisbogen lässt eine genaue Prüfung des Sextanten auf Centrirung der Theile (Limbus, Alhidade, Spiegel) nicht zu; man kam deshalb schon bald nach Einführung des Sextanten auf die Anwendung von Vollkreisen statt der Secto-

ren als Körper des Spiegelinstruments und versah den Spiegel mit mehreren, bis 4, Alhidaden nebst Nonius, durch deren verschiedene Ablesungen sich der Fehler etwaiger Excentricität herausstellen muss.

Aus dem obengenannten Grunde, und auch um die Helligkeit des Spiegelbildes zu erhöhen, erfand Steinheil den Prismenkreis, der durch Pistor in Berlin noch verbessert wurde, und die ihm die gegenwärtige Einrichtung gab, wie sie viel gebraucht und namentlich von Seeleuten gesucht ist.

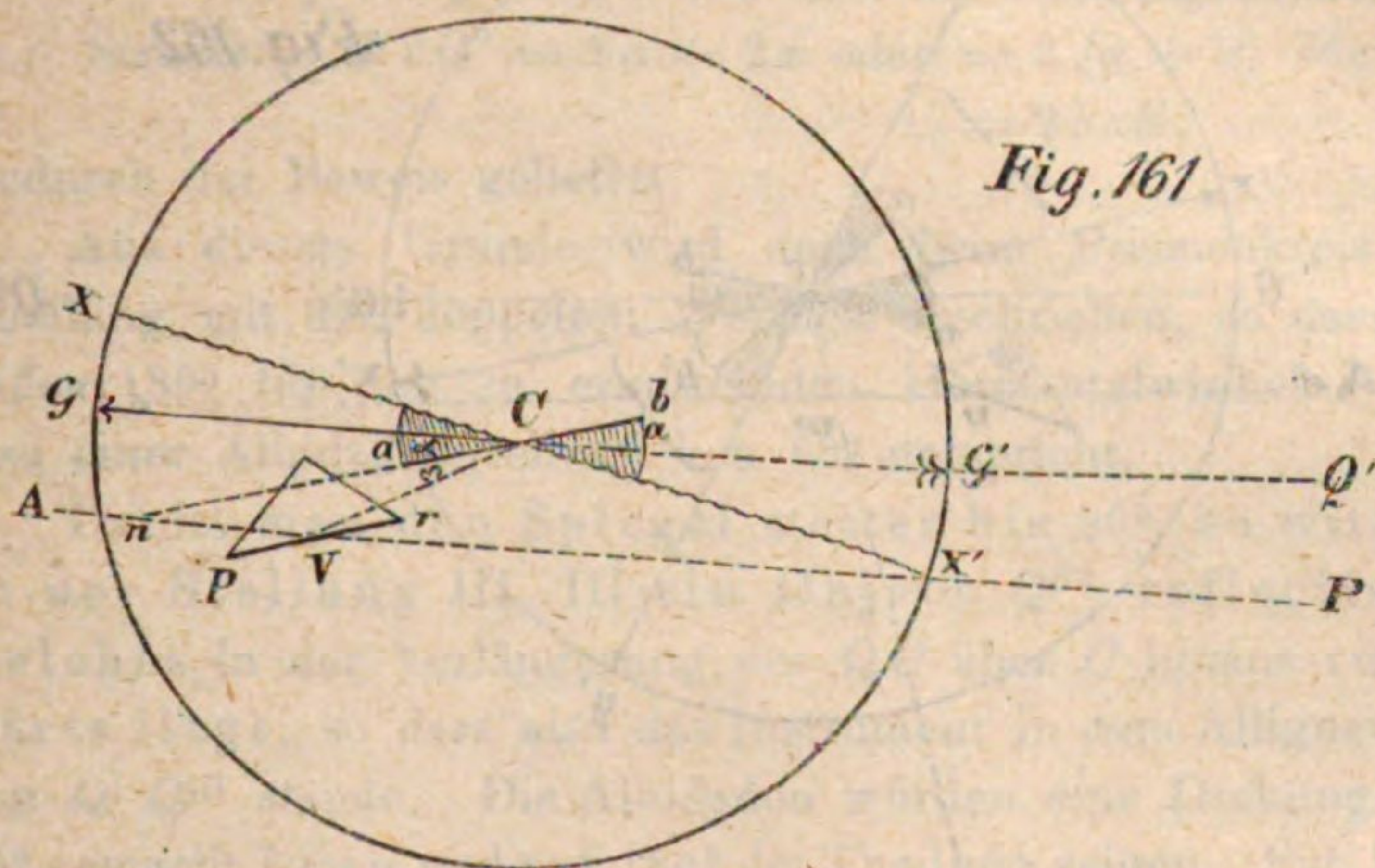
Beschreibung des Instruments.

Auf dem vollkreisförmigen an der Peripherie mit Limbus zu 1 bis $\frac{1}{6}$ Grad Genauigkeit versehenen Körper *K* ist im Mittelpunkt um seine vertikale Mittellinie drehbar, der ganz belegte Spiegel *S* aufgesetzt. An der Peripherie befindet sich das Fernrohr *F* fest aufgeschoben, nur aufwärts und abwärts



stellbar, ohne Möglichkeit der Axendrehung. Zwischen Fernrohr und Spiegel ist als Ersatz für den halbbelegten Spiegel des Sextanten ein rechtwinklig gleichschenkelig dreiseitiges Prisma auf dem Körper fest so aufgesetzt, dass constant der aus dem Mittelpunkt des Kreises auf die Mitte der Hypothense des Prisma's fallende Strahl, nach dem im § 273 genannten Spiegelgesetz, völlig in der Richtung der Fernrohraxe dem Auge bei *O* zugeführt wird.

beiden Index müssen jetzt eben auch auf den Anfangspunkten der Theilung stehen. Es sind daher zwei um 180^0 entfernte 0 Punkte auf dem Limbus bezeichnet, und von diesen aus nach beiden Seiten der Kreis getheilt.



Hiernach (Fig. 161) ist also X und X' der Nullpunkt des Instruments.

Der Beobachter (Fig. 161) in A sieht über das Prisma hinweg den Punkt P, und im Prisma gespiegelt den Punkt Q'. Die Auseinanderstellung der beiden Parallelen beträgt aber nur wenige Centimeter, je nach Grösse des Instruments, kann daher für weite Entfernungen, auf welche wir visiren, vernachlässigt werden, wie die Parallaxe des Sextanten, also P für Q' gesetzt. Daher ist also für die Praxis der Punkt Q' im Spiegel und in der Wirklichkeit für das Auge im Fernrohr unter einander gestellt.

Dreht man den Spiegel (Fig. 162) nun nach dem Auge zu um eine gewisse Winkelgrösse, doch weniger als 90^0 , so hat sich auch die Alhidade um dieselbe Grösse gedreht. Der Spiegel steht in $a'b'$, die Alhidade ist von xx' in die Lage yy' gerückt. Der Winkel $b'cb$ ist gleich $x'cy'$. Man sieht ein rechts liegendes Object Q'' im Prisma, und es hat sich der Strahl Q' C also in die Lage Q'' C begeben. Der Winkel

Ist nun der Drehungswinkel des Spiegels =

$$\angle bcb' = \angle \alpha + \angle G'cb',$$

und sei $\angle G'cb' = x$ gesetzt, so ist also

$$\angle bcb' = \alpha + x \text{ und folglich}$$

$$\angle b'cQ'' = 2\alpha + x \text{ und der Drehungswinkel des}$$

$$\text{Strahls } \angle G'cQ'' = 2\alpha + 2x \text{ oder } = 2(\alpha + x) \text{ oder}$$

$$= 2bcb',$$

wodurch der Beweis geliefert.

Aus diesem Grunde wird auch beim Prismenkreis die Theilung mit den doppelten Werthen beschrieben, so dass die Ziffer 180° für den zu ermittelnden Horizontalwinkel PCQ'' also einer Alhidadendrehung von 90° entspricht.

Dreht man den Spiegel weiter bis 90° , so wird er in der Stellung III. III ein Object Q^{III} reflectiren, welches in der Verlängerung der QC über C hinaus rückwärts liegt, so dass also das Instrument in dem Allignement von $Q^I Q^{III}$ stände. Die Alhidaden würden eine Drehung bis 90° gemacht haben und auf 180° der Theilung zeigen. (Fig. 160.)

Bei weiterer Drehung noch über 90° hinaus bis zur Stellung IV. IV. sieht man ein links liegendes Object im Prisma reflectirt. Die Ablesung des Winkels würde dann von rechts nach links, entgegengesetzt wie dieser geschehen müssen.

Der Strahl hat, um (Fig. 160) von der Stellung Q^I in die Stellung Q^{IV} zu gelangen, die Drehung $360^\circ Q^I C Q^{IV}$ gemacht, der Spiegel, um von der Stellung I in die IV zu gelangen, eine Drehung von $180^\circ - \frac{1}{2} O^I C Q^{IV}$.

Folgerungen für den Gebrauch.

§ 300. Aus dieser Betrachtung ist ersichtlich, dass der Prismenkreis eine Beobachtung links und rechts gelegener Objecte zulässt, dass er gestattet, grössere Winkel in der Natur zu messen, als mit dem Sextanten möglich ist (so weit nur die Alhidade sich frei drehen lassen und kein Theil des Instruments selbst der Drehung Halt gebietet), dass das gespiegelte Bild klarer erscheint, und dass endlich eine etwaige Excentricität des Spiegels in Bezug auf die Kreistheilung sich durch

wechselseitige Beobachtung an beiden Nonien auffinden und aufheben lässt, so dass die Fehlerquellen des Instruments gegen den Sextanten bei Weitem geringer sind.

Der Gebrauch ist analog dem Sextanten und folgt aus der Beschreibung des Instruments.

Die Prüfung müsste natürlich sich in ähnlicher Weise wie beim Sextanten gestalten: Richtige Theilung des Kreises, Centrirung der Alhidade, des Spiegels. Aufrechtstehen des Spiegels. Prüfung des Fernrohrs in Bezug auf die Richtigkeit der Visirlinie AV . Prüfung des Prismas auf richtigen Querschnitt und richtige Stellung zum Mittelpunkt des Kreises. Prüfung der Blendgläser (Fig. 159 bei B), ob bei Vorsetzen derselben sich das Bild etwa verschiebt.

Um auch, weit rückwärts liegende Objecte bequem im Spiegel auffangen zu lassen, ohne dass der Kopf des Beobachters hindert, kann vor das Ocular das den Lichtstrahl rechtwinklig nach O' brechende Prisma (Fig. 160) geschraubt werden.

Sechstes Kapitel.

Gebrauch der Spiegelinstrumente zur Vermessung.

§ 301. Die Spiegelinstrumente haben gegen andere den Vorthail, dass sie mit einer noch bedeutenden Genauigkeit der Messresultate eine sehr angenehme Gedrungenheit und Handlichkeit der Bauart verbinden und nicht unter allen Umständen der festen Unterstützung durch ein Stativ bedürfen.

Aus diesem Grunde werden sie auch so leicht nicht veralten.

§ 302. 1. Die unvollkommenen Spiegel- und Prismeninstrumente werden a) zum Abstecken rechter und anderer einfacher Winkel, b) zum Einrücken des Beobachters in diese Winkel und c) zur correcten Ausführung der Vermessung nach der Coordinatenmethode mit Vorthail benutzt, ferner d) zum Abstecken von graden Linien vorwärts und rückwärts des Standpunkts und e) zum allmählichen Einrücken des Beobachters in das Allignement zwischen zwei festen Punkten.

Der Elementargebrauch dieser Instrumente ist bereits erklärt, ihr Gebrauch für die Ausführung der genannten Aufgaben ist so einfach, dass er einer weitläufigen Darlegung nicht bedarf. Es sei nur einfach erwähnt, dass, wenn man mittelst des Winkelprisma's, oder Spiegels oder des Spiegelrichtmasses, sich zu zwei Punkten des Terrains in ein solches Verhältniss setzen will, dass die Verbindungslinien vom Beobachter zu den beiden Objecten einen der bei diesen Instrumenten möglichen Winkel bilden sollen, man sich einfach in die Nähe ungefähr des Scheitels stellt, dann zwischen beiden Objecten, stets das linke Object durch das Ocularglas beobachtend auf- und niedergeht, bis man in dem Spiegel der genannten Instrumente auch das rechte genau unter dem linken erblickt. So ist der zu dem Augenblicke eingenommene Standpunkt eine der vielen Winkelspitzen, in welchen der Aufgabe genügt wird. Soll die Winkelspitze in irgend einer Linie liegen, z. B. in einem Perpendikel auf die Verbindungslinie beider Objecte, so muss man auf jenem Perpendikel auf- und niedergehen, bis das Instrument beide Objecte zeigt.

§ 303. Aus den einfachen Winkeln 30, 45, 90 Grad lassen sich natürlich durch Addition und Subtraction auch andere Winkel in der Natur abstecken.

Z. B. es soll ein Winkel von 15 Grad mittelst des Spiegelrichtmasses durch Fluchtstäbe vom Standpunkt aus abgesteckt werden:

Man richtet über den unbelegten Theil des Ocularspiegels einen Stab ein, winkt, während das Instrument immer den 1. Stab als linkes Object beobachtet, einen 2. Stab rechts auf 45^0 ein, bis man denselben im Instrument unter dem 1. erblickt, dann rechts (den anderen Spiegel des Instruments benutzend) einen 3. Stab auf 30^0 , so ist der Winkel, den die Linie vom 2. und 3. Stab zum Standpunkt bildet, der geforderte Winkel von 15^0 . Durch die Construction und Abstecken der Nebenwinkel und andere Verfahren, lassen sich auf diese Weise leicht auch regelmässige Figuren, Polygone etc. abstecken. Dann muss man aber natürlich noch Längenmesser hierzu benutzen.

§ 304. 2. Die vollkommneren Winkel- und Pris-

meninstrumente werden ebensohohl zu astronomischen, nautischen, wie geodätischen Zwecken benutzt.

Die Elementaroperationen, welche für astronomische und nautische Beobachtungen nothwendig sind, haben wir oben erörtert. § 283, 284, 285.

Für geodätische Zwecke bilden die Sextanten und Prismenkreise ein Mittel zu geometrischen, die Reflectoren zu graphischen Vermessungen, müssen aber in Verbindung mit einem Längenmesser gebraucht werden. Die Reflectoren eignen sich da ihre Genauigkeit nur eine mässige zu nennen ist, zur flüchtigen Aufnahme kleinerer Terrainabschnitte, geben aber in den meisten Fällen sichrere Resultate, als die Bussole. Sie eignen sich daher sowohl zu directen wie indirecten Operationen der Messkunst und es lassen sich Punkte, Linien und Flächen mit ihrer Hülfe mittelst aller der § 103 ff. genannten Vermessungsmethoden bestimmen und festlegen. Für topographische Zwecke, bei welchen die genaue Horizontalprojection der zu vermessenden Flächen verlangt wird, eignet sich vor allem der Dosen sextant, derselbe muss nur dann in Verbindung mit einem gleich genauen Transporteur benutzt werden (etwa wie der von Pistor, Fig. 132).

Die gewöhnlicheren Aufgaben für die Vermessung mittelst der Spiegelinstrumente.

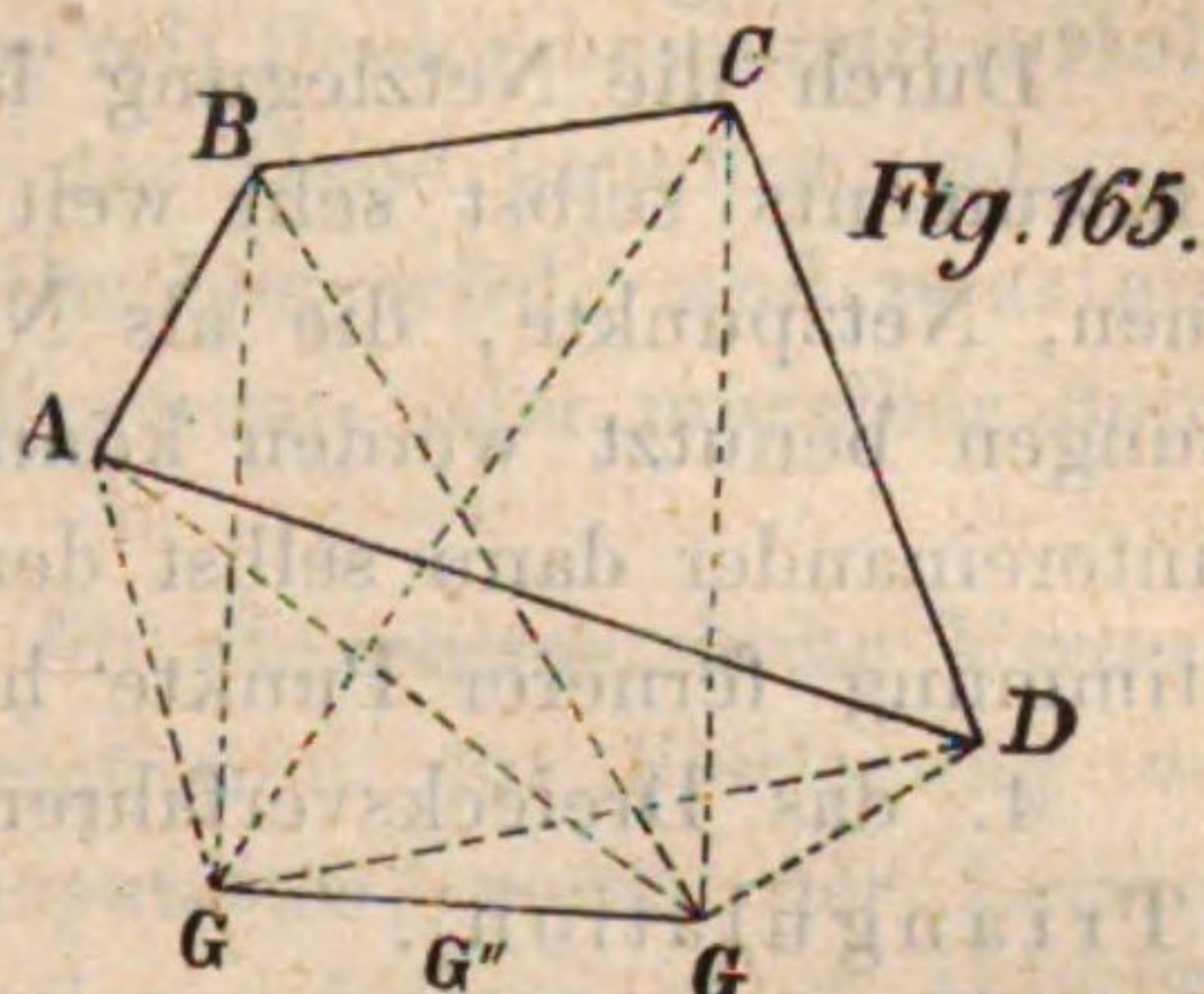
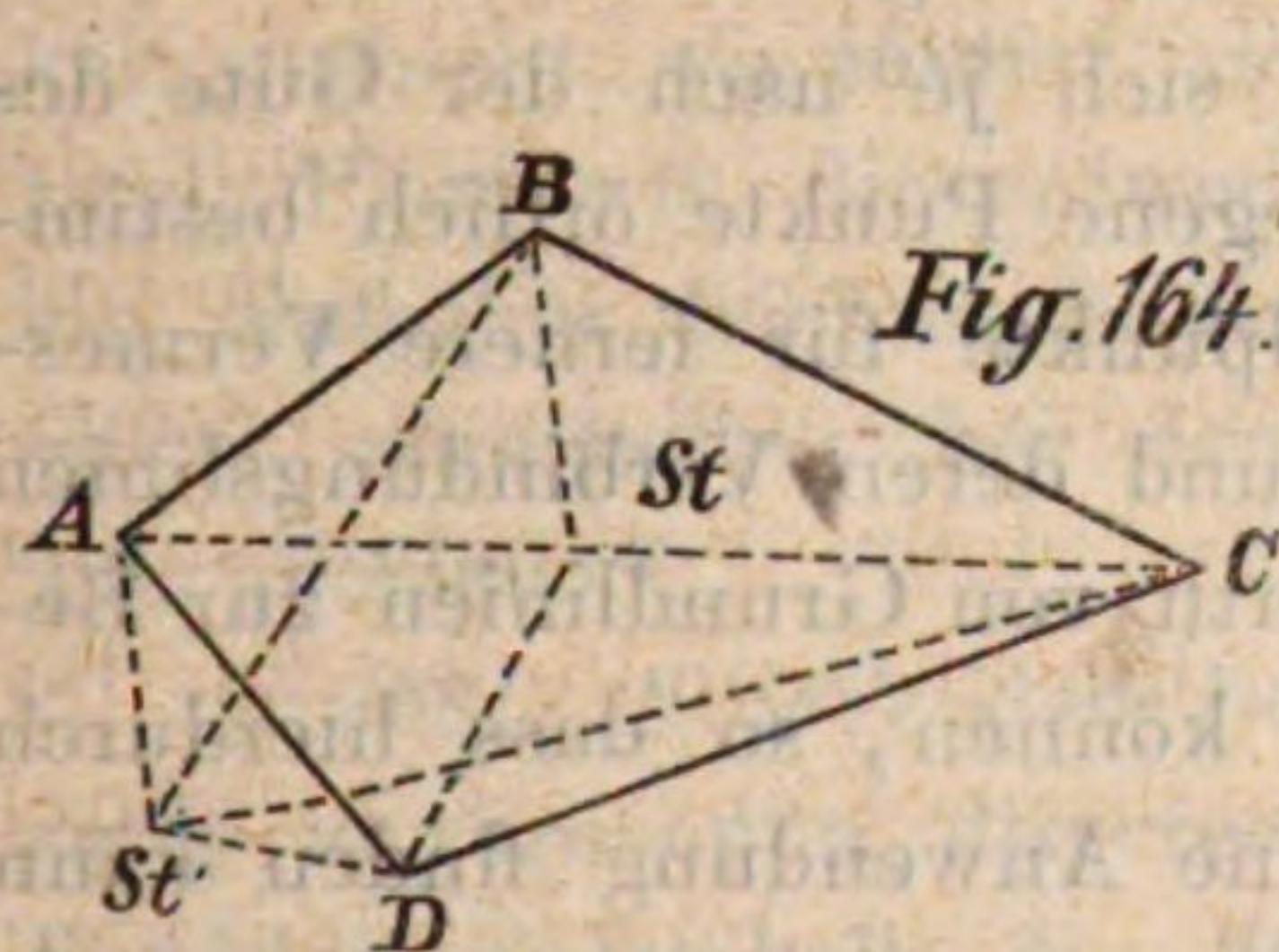
A. Geometrische und graphische Vermessung von Flächen.

§ 305. Die Vermessung von Flächenräumen geschieht, wie bekannt, durch die Festlegung ihrer Punkte nach den Methoden, die § 111 aufgezählt wurden. Dies geschieht mittelst der Spiegelinstrumente und eines Längenmessers, wie überall durch Messung der Winkel und einiger Längen der Figuren.

1. Polarmethode: vom Standpunkt St oder St' aus.

a. Messung der Winkel $AStB$, $BStC$, $CStD$, oder $ASt'B$, $ASt'C$, $ASt'D$.

b. Messung der Längen $St A$, $St B$, $St C$, $St D$, so ist die Figur $ABCD$ geometrisch bestimmt und kann graphisch dargestellt werden (mittelst Reflector unmittelbar).



2. Abschneidemethode: Netzlegung auf Grund einer gemessenen Basislinie GG' , von deren Endpunkten G und G' aus. (Fig. 165.)

a. Aufstellung in G , Messung der Winkel $G'GA$, $G'GB$, $G'GC$, $G'GD$.

b. Aufstellung in G' , Messung der Winkel $GG'A$, $GG'B$, $GG'C$, $GG'D$.

so ist durch die Dreiecke $GG'A$, $GG'B$, $GG'C$, $GG'D$ die Lage der Punkte A , B , C , D geometrisch bestimmt und graphisch construierbar (mit Reflector sofort).

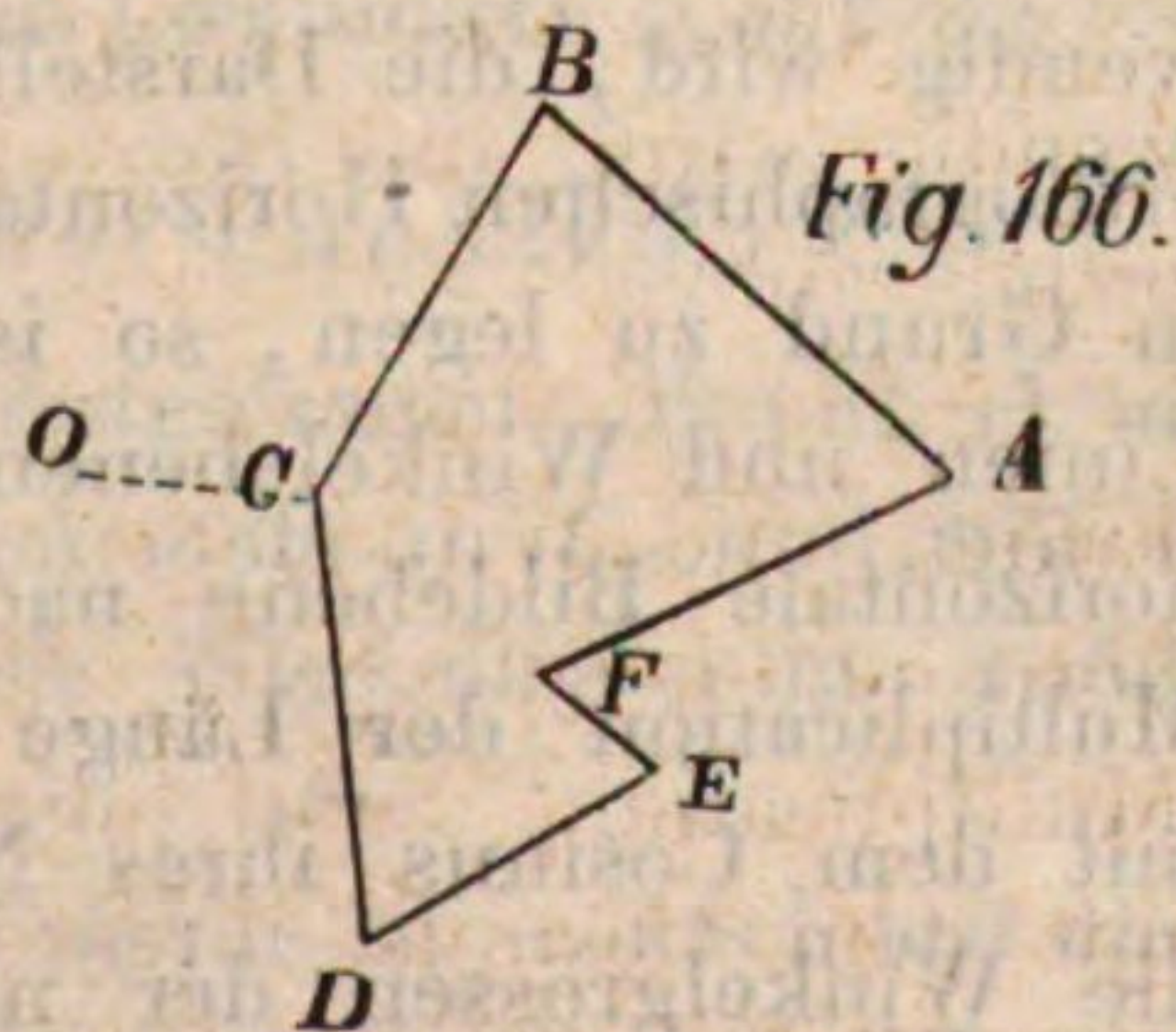
c. Controllwinkelmessung auf einem dritten, gemessenen Punkt G'' , in oder ausserhalb der Basis, wie G und G' .

3. Perimetermethode (Fig. 166) (besonders wenn die Figur wenig übersichtlich ist).

Es sind Aufstellungen in allen Bruchpunkten nothwendig; von diesen aus misst man:

a. die Polygonwinkel (wenn sie zu gross sind, so stückweise durch Annahme von Zwischenobjecten, wie z.B.

bei C , wo man erst $\angle BCO$, dann OCD misst und beide addirt).



b. Sämmtliche Seiten der Figur müssen gemessen werden. Das sicherste der drei Verfahren ist die Netzlegung, doch beruht sie auch nur auf einer einzigen gemessenen Linie, von deren Richtigkeit also das Resultat abhängt.

Durch die Netzlegung lassen sich je nach der Güte des Instruments selbst sehr weit entlegene Punkte örtlich bestimmen, Netzpunkte, die als Normalpunkte für fernere Vermessungen benutzt werden können, und deren Verbindungslinien untereinander dann selbst den Werth von Grundlinien zur Bestimmung fernerer Punkte haben können, so dass hierdurch

4. das Dreiecksverfahren seine Anwendung finden kann (Triangulation).

NB. Dies Verfahren wird sich in Gebirgen, für die ersten Untersuchungen in fremden Ländern, bezüglich der Lagenbestimmung ihrer wichtigsten Punkte zu einander, empfehlen, wo man nicht Mittel und Gelegenheit hat, complicirtere, schwerere und genauere Apparate für die Ortsbestimmung mit sich zu führen. Die Höhen würden dann entweder auch durch trigonometrisches Nivellement mit dem Sextanten (schwierig) oder direct über dem Meeresspiegel, mittelst des Barometers, ermittelt, [namentlich des Aneröidbarometers, das jetzt so genau hergestellt werden kann, dass es den Reisebarometer ersetzt, und den Vortheil für sich hat, compendiöser zu sein.]

B. Topographische Vermessung.

§ 306. Da es bei der topographischen Vermessung nothwendig wird, die Darstellung der Winkel und Linien in der orthographischen Horizontalprojection auf dem Papier graphisch in Grund zu legen, so ist es für bedeutende Neigungen der Linien und Winkelebenen nothwendig, die Reduction auf die horizontale Bildebene nach Massgabe der Projectionsgesetze, Multiplication der Länge der gemessenen geböschten Linien mit dem Cosinus ihres Neigungswinkels vorzunehmen. Für die Winkelgrössen der natürlichen schiefen Winkel, welche mit den Instrumenten gemessen worden sind, ist die Projection durch Rechnung nicht so leicht zu ermitteln und muss man sich dann bei solchen Spiegelinstrumenten, welche nicht, wie

der Dosensextant, das unmittelbare Messen der Horizontalwinkel gestatten, durch das im § 288, Seite 205, letzter Absatz, angegebene Verfahren, unter Umständen zu helfen suchen.

§ 307. Das Auftragen der gemessenen Linien und Winkel geschieht, wie immer, auf einer mit Papier bespannten Holztafel, Planchett, die entweder in der Hand gehalten, oder auf ein einfaches leichtes Stativ geschoben wird; und zwar entweder unmittelbar (bei den Reflectoren), oder mittelbar durch Transporteur.

§ 308. Ausser den bereits für die geometrische Vermessung angegebenen directen Operationen zur Festlegung von Punkten ausserhalb des Stationspunktes, wenn der Letztere bereits bekannt und auf dem Papier aufgetragen ist, kann für die topographische Vermessung mit den Spiegelinstrumenten, namentlich den Reflectoren, noch die indirecte Operation des Stationirens zur Lösung kommen, d. h. die Lage des Stationspunkts auf Grund eines oder mehrerer bereits auf dem Planchett auftragener und vom Stationspunkt aus sichtbarer, sicherer Punkte zu bestimmen und aufzutragen.

Die hierzu nöthigen, indirecten Operationen, welche, wie schon erwähnt, mittelst der Bussole zwar auch theoretisch möglich sind, praktisch aber wenig ausgeführt werden, wegen der Unzuverlässigkeit der Nadel, können mit Spiegelinstrumenten, bis zu einem ziemlich bedeutenden Grade von Genauigkeit ausgeführt werden, wenn man das Einstellen der Objecte nur recht penibel ausführt.

Die gebräuchlichen Aufgaben und Leistungen sind folgende:

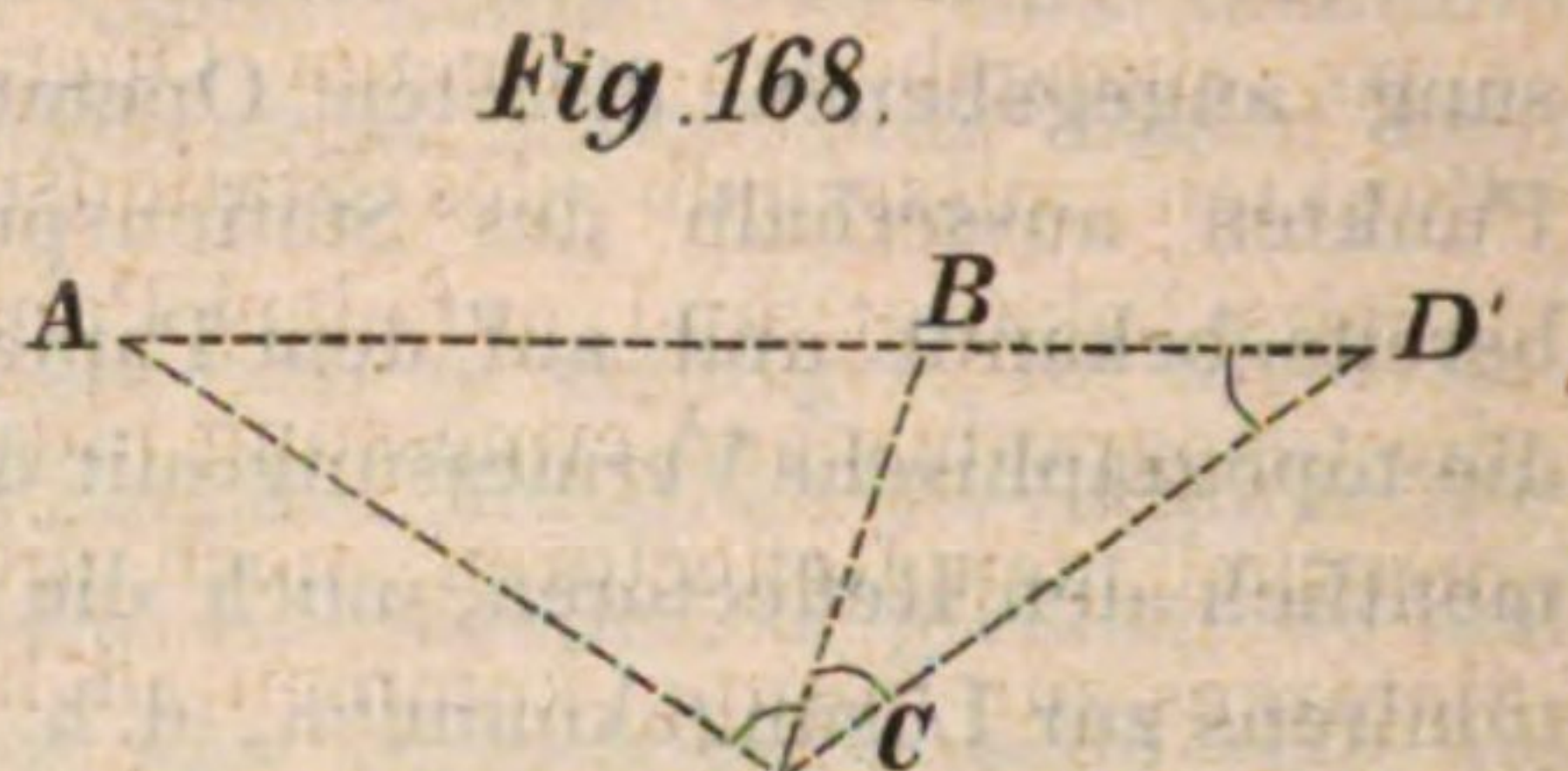
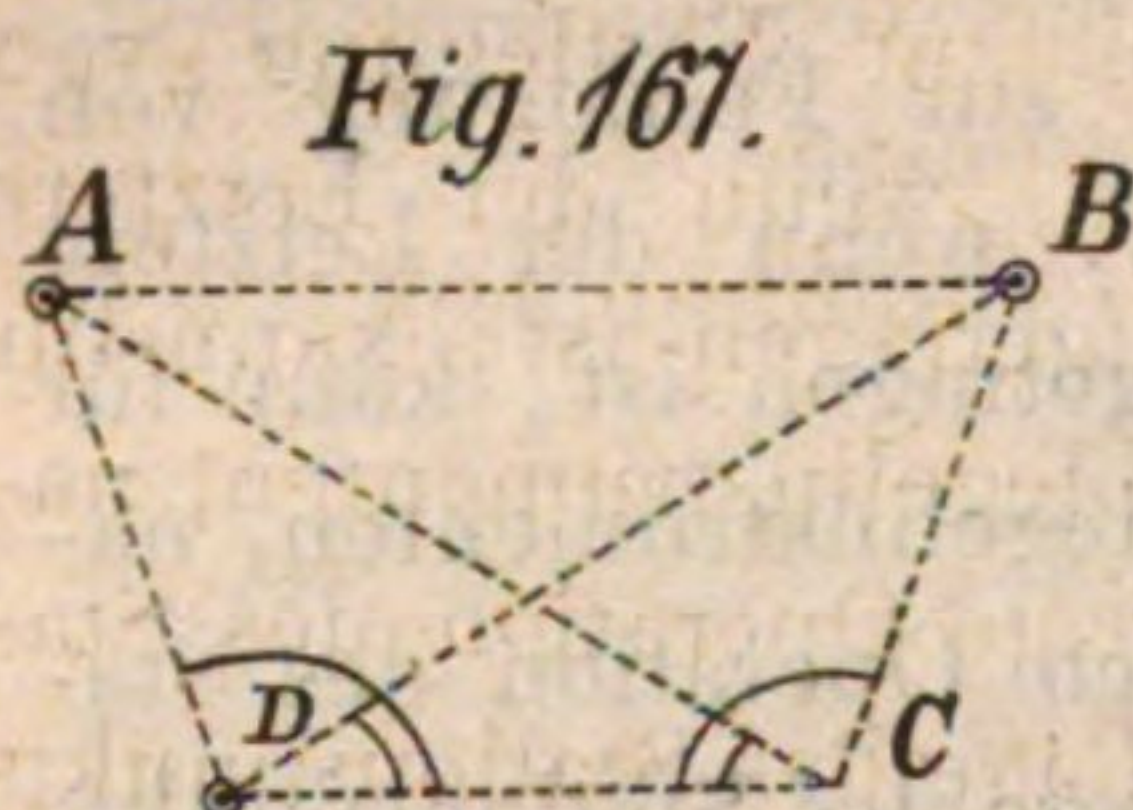
Stationiren nach zwei Punkten.

§ 309. Es sind gegeben und aufgetragen: Punkt A und B , mithin auch die Länge AB , man steht in C , und soll auf dem Papier die Lage von C durch Winkelmessung finden. (Fig. 167.)

Lösung. Die Lösung dieser Aufgabe ist — auch mit allen andern Winkelmessern — nur mittelst Aufstellung auf einer zweiten (Hülfs-) Station zu bewerkstelligen.

a) Sei D (seitlich von AB) die Hilfsstation (die man durch Fahne markirt), so ist das Verfahren:

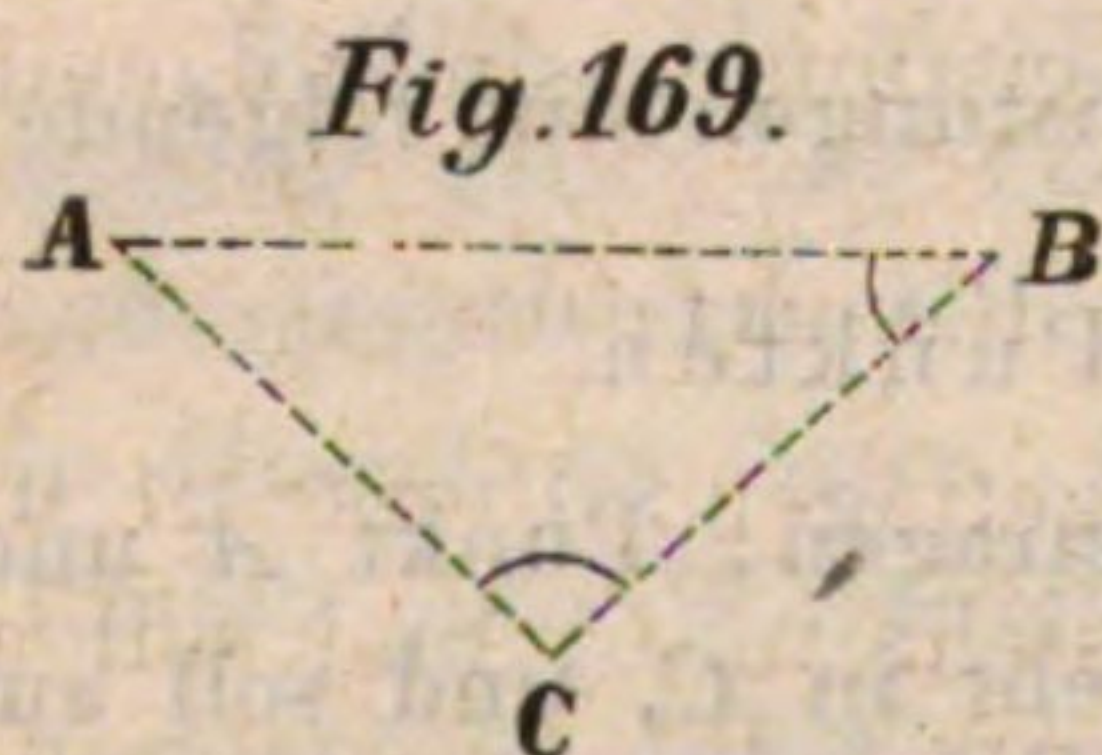
1. Aufstellung in D . Messung von $\angle ADB$ und ADC .
 2. Aufstellung in C . Messung von $\angle ACB$ und ACD .
- so lässt sich die Figur $ABCD$ auf dem Papier construiren, aus welcher man die $\angle BAC$ und ABC entnimmt, wobei $\angle ACB$ als Controlle dienen kann, um nunmehr den Punkt C richtig auf dem Planchett durch Construction zu finden.



b) Sei D' die Hilfsstation in der Verlängerung von AB oder zwischen A und B gelegen, so modificirt sich das Verfahren dahin, dass man nur drei Winkel zu messen braucht:

1. in C die $\angle ACB$ und ACD' .
2. in D' den $\angle AD'C$.

Die Construction des Dreiecks $ABD'C$ führt dann ebenfalls zum Ziel, analog dem Fall ad a.



c) Ist einer der beiden Punkte A oder B selbst zur Hilfsstation geeignet, so erfolgt nur eine zweimalige Winkelmessung und die Construction analog der Abschneide- oder der Anschneidemethode.

Stationiren nach drei Punkten.

§ 310. Das Stationiren nach drei Punkten A, B, C (Fig. 170) wird vorgezogen, weil es bei grösserer Sicherheit und Controlle

der Arbeit nur eine Station nothwendig macht. Man muss dann, wenn D der zu bestimmende Stationspunkt ist, die beiden Winkel ADB und BDC nach je zwei der drei sichtbaren Objecte (Netzpunkte) A, B, C , messen und dieselben auf dem Planchett so einpassen und auftragen, dass

1. ihre Schenkel durch die drei bereits aufgetragenen Netzpunkte gehen,
2. ihre beiden Spitzen in einem Punkt, wie ja in der Natur in St , zusammenfallen.

Das praktischste Verfahren hierzu ist das sogenannte Umtragen der Peripheriewinkel. Andere, weniger brauchbare Methoden des Stationirens werden im IX. Abschnitt gezeigt werden und würden diese hier ganz analog der dortigen Angabe vor sich gehen.

§ 311. Das Umtragen der Peripheriewinkel beruht auf folgender geometrischer Vorstellung. (Fig. 170.)

Sei ABC das durch die Verbindungslinie der gegebenen 3 Punkte auf dem Papier gebildete (Netz)-Dreieck, D der Stationspunkt, $\angle ADB$ und BDC die dort gemessenen Winkel, und man schlägt einen Kreis um den Stationspunkt D , das rechte Object C und das linke A , verlängert den mittleren Winkelschenkel DB über B hinaus zur Peripherie, verbindet den dadurch erhaltenen Peripheriepunkt E mit A und C , so ist

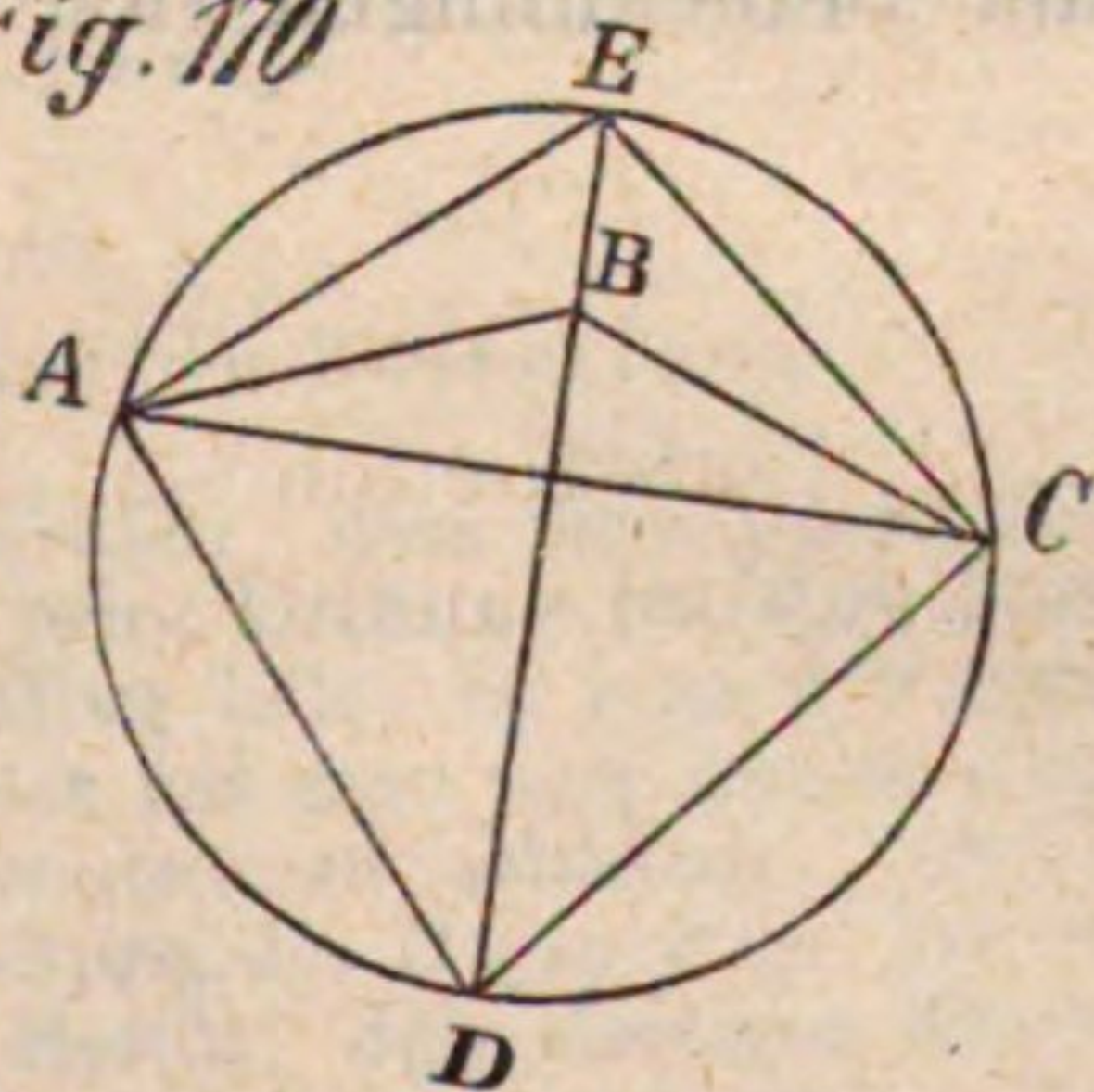
$$\angle EAC = BDC$$

$$\angle ECA = ADB$$

als Peripheriewinkel auf gleichen Bogen.

Legt man nun umgekehrt den in D nach C gemessenen $\angle CDB$ in A an AC an, den nach A gemessenen BDA in C an AC , aber nach der D entgegengesetzten Seite hin, verbindet den Schnittpunkt E beider Schenkel mit dem dritten Netzpunkt B , verlängert diese Verbindungslinie und legt an diese einen der gemessenen Winkel, z. B. ADB so an, dass

Fig. 170



der Schenkel durch den entsprechenden Punkt, hier A , geht, so ist der Punkt für dessen Winkelspitze in der verlängerten EB der gesuchte gemeinschaftliche Schnittpunkt der Schenkel AD und CD , also der Stationspunkt.

Liegt der Standpunkt im Netzdreieck selbst, so gilt das Umtragen der Peripheriewinkel für deren Supplementwinkel. Hieraus ergibt sich das Verfahren der Construction für die Praxis von selbst.

In der Praxis wird diese Aufgabe für gewöhnlich nur mit dem graphischen Spiegelwinkel und dem Reflector gelöst werden, weil nur diese das sofortige Einpassen und Auftragen der eben gemessenen Winkel an die bereits gegebenen und eingezeichneten Linien und Punkte gestatten. Mit den nicht mit Linealen versehenen Spiegelinstrumenten, den Sextanten, Prismenkreisen etc., eine so complicirte Operation — also mit Hülfe eines Transporteurs — auf dem Felde auszuführen, ist weder gerathen noch gebräuchlich. Man begnügt sich mit der einfachen elementaren Operation der Winkelmessung nach Graden und Minuten, die man als Daten für weitere Constructionen oder Berechnungen sich notiren mag.



Berichtigungen.

Seite 2, Zeile 19 v. ob. hinter »Vertikallinie« wäre zu ergänzen: »auch Normale genannt«.

„ 45, „ 3 „ u. darf es nicht heissen: »im Brennpunkt«, sondern: »jenseits des Brennpunkts«.

„ 53, „ 6 „ o. »den Horizont« statt »der«.

„ 71, „ 4 „ u. ist zwischen »bildet« und »finden« einzuschalten: »die Weltrichtung«.

„ 77, „ 10 „ u.: c) durch Abschneiden von zwei Punkten, und Zeile 7 v. u. ist zuzusetzen:

»Ist der Punkt *A* der Standpunkt und *B* und *C* bereits bestimmte Punkte, so heisst das diesem entsprechende Verfahren, um nach *B* und *C* den Punkt *A* zu bestimmen: Rückwärtseinschneiden. Ist dagegen erst *B*, dann *C* der Standpunkt, und nach beiden soll durch obige Construction *A* bestimmt werden, so heisst das Verfahren: das Vorwärtseinschneiden.«

„ 78 unter der Figur muss es statt: »Vertikal *L*« heissen »Vertikal $\angle$ «.

„ 156, Zeile 4 von u.: »Fried.« statt »Ferd.«

Bemerkung, Röhrenlibellen betreffend.

»Eine Röhrenlibelle genau so zu schleifen, dass ihre innere Wölbung überall völlig gleichmässig ist, so dass bei jeder Drehung um ihre horizontal gehaltene Längsaxe die Luftblase die Mitte hält, ist eine der schwierigsten Aufgaben der Glasschleiferei. Bis jetzt hat man sich immer damit begnügt, nur die obere Innenfläche gut concav zu schleifen. Neuerdings ist es allerdings auf die wiederholte Anregung des Herrn Prof. Dr. Börsch, Sectionschef im geodätischen Institut zu Berlin, dem dortigen Mechaniker C. Reichel nach Ueberwindung vieler Schwierigkeiten gelungen, eine von zwei diametral gegenüberliegenden Seiten der Glasröhre, bei einer Empfindlichkeit von 10 Secunden auf die Pariser Linie, übereinstimmend getheilte Libelle herzustellen. Durch Anbringung dieser Libelle an das Compensationsniveau des § 196 ist dieses nun das Ideal eines Nivellirinstrumentes, da man ohne jede Berichtigung des Instruments selbst aus den Endpunkten richtig nivelliren kann. Dieselben Libellen werden auch für die neuesten Kippregeln verwendet.« (Aus einer gütigen Mittheilung des Herrn Dr. Börsch.)

Rüdgisch, R. von

Instrumente und Operationen der niederen Vermessungskunst

Bd.: 1

Cassel 1875

Math.a. 211 d-1

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11318330-4